



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MOLIENDA
Y TAMIZADO PARA HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO
Y FIBRA DE COCO”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: MARIÑO ASHQUI MARGOTH PATRICIA

ROMERO COLCHA ELIANA MONSERRATH

TUTOR: ING. HANNÍBAL BRITO

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

HOJA DE FIRMAS

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE MOLIENDA Y TAMIZADO PARA HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO”, de responsabilidad de las señoritas Margoth Patricia Mariño Ashqui y Eliana Monserrath Romero Colcha ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nancy Veloz
DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS		
Dr. Marcelo Ramos
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		
Ing. Hanníbal Brito PhD.
DIRECTOR DE TESIS		
Ing. Marco Chuiza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL		
Abga. Bertha Quintanilla
COORDINADORA SISBIB ESPOCH		
NOTA DE TESIS	

“Nosotras, **MARGOTH PATRICIA MARIÑO ASHQUI y ELIANA MONSERRATH ROMERO COLCHA**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente proyecto; y el patrimonio de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

MARGOTH PATRICIA MARIÑO A.

ELIANA MONSERRATH ROMERO C.

AGRADECIMIENTO

Han sido cinco años en los cuales hemos adquirido nuevos conocimientos y experiencias inolvidables, que han formado nuestro carácter y profesionalismo para el desarrollo de las diferentes temáticas y retos, dentro de nuestra carrera universitaria. Al finalizar este ciclo es necesario plasmar nuestro trabajo investigativo mediante el desarrollo de la presente tesis, pero a su vez es importante expresar nuestra gratitud a cada una de las personas que han apoyado nuestro esfuerzo para alcanzar una meta más en nuestra vida.

Por ello primero agradecemos a Dios porque entre tantas personas en el mundo nos permite seguir manteniendo el privilegio de la vida y de gozar de miles de bendiciones en la misma. Además por la dicha de tener a nuestras familias, que son el motor de cada una de nuestras actividades, a pesar de la dirección que tomemos.

Expresamos también nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Escuela de Ingeniería Química, de manera especial al Ing. Hanníbal Brito e Ing. Marco Chuiza prestigiosos docentes de la entidad educativa, así como al Lic. Fausto Tapia e Ing. Tito Calva propietario de CAMI Ingeniería y Procesos, que con su gran espíritu de enseñanza han sabido compartir sus conocimientos y experiencia durante cada etapa del desarrollo del presente estudio, dando mayor realce al trabajo realizado.

Margoth Patricia Mariño Ashqui

Eliana Monserrath Romero Colcha

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi madre, Rosario Ashqui por brindarme siempre su amor y apoyo incondicional, por enseñarme a tener fé en mí, a sonreírle a la vida siempre a pesar de las dificultades y a luchar con integridad, humildad, perseverancia, valentía y paciencia por mis metas y sueños.

A mis hermanas: Sandra, Mónica y Micaela por alentarme en los momentos más difíciles y por compartir conmigo las dichas que Dios nos ha regalado.

A mi padre, Luis Mariño por brindarnos su amor y enseñarnos el verdadero valor del trabajo.

A todas las personas que me brindaron su amistad sincera y compartimos muchas alegrías y tristezas.

Margoth Patricia Mariño Ashqui

Dedico la presente tesis a mis padres: Guido y María Lucrecia, quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional, nunca permitieron que me detenga en el camino para cumplir mi meta, porque cada día aprendí con su ejemplo a no rendirme por más difícil que sea la situación y a siempre actuar bajo valores y principios de la mano de Dios.

A mi querida hermana Erika, compañera de tantas noches de desvelo y a quien transmití muchas de las experiencias que viví durante mi etapa universitaria.

A cada una de las personas que con su amistad sincera me brindaron un soporte inigualable en esos momentos de dificultad.

Eliana Monserrath Romero Colcha

TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO

Pp.

Tabla de Contenido de Abreviaturas

Tabla de Contenido de Tablas

Tabla de Contenido de Cuadros

Tabla de Contenido de Figuras

Tabla de Contenido de Ecuaciones

Tabla de Contenido de Anexos

Tabla de Contenido de Símbolos

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES	v
JUSTIFICACIÓN	vii
OBJETIVOS.....	viii

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Material Vegetal	1
1.1.1. <i>Principios Activos de las Plantas</i>	1
1.1.2. <i>Orégano</i>	9
1.1.3. <i>Aguacate</i>	13
1.1.4. <i>Palma de Coco (Cocos nucífera L.)</i>	16
1.1.5. <i>Empleo de las Propiedades de las Plantas - Tisanas</i>	21
1.2. Reducción de Tamaño.....	24
1.2.1. <i>Mecanismo de la Reducción de Tamaño</i>	25
1.2.2. <i>Principios de la Reducción de Tamaño</i>	26
1.2.3. <i>Grado de Desintegración</i>	27
1.2.4. <i>Métodos de Operación de los Equipos de Reducción de Tamaño</i>	27
1.2.5. <i>Equipos para la Reducción de Tamaño</i>	28
1.2.6. <i>Tamizado</i>	39
1.2.7. <i>Análisis Cuantitativo de Investigación</i>	45
1.3. Diseño	46
1.3.1. <i>Humedad del Material Vegetal</i>	46

1.3.2.	<i>Determinación de la Potencia del Motor del Molino</i>	47
1.3.3.	<i>Determinación de los Parámetros del Sistema de Transmisión</i>	49
1.3.4.	<i>Determinación del Volumen de la Tolla de Alimentación</i>	51
1.3.5.	<i>Determinación del Volumen del Recipiente de Descarga</i>	52
1.3.6.	<i>Determinación de las Fuerzas de intervención en la Molienda</i>	53

CAPÍTULO II

2.	PARTE EXPERIMENTAL	56
2.1.	Muestreo	56
2.1.1.	<i>Simulación del Proceso</i>	56
2.2.	Metodología	57
2.2.1.	<i>Métodos y Técnicas</i>	57
2.3.	Datos de Diseño	68
2.3.1.	<i>Diagnóstico</i>	68
2.3.2.	<i>Datos Experimentales</i>	68
2.3.3.	<i>Datos establecidos para el Análisis Inferencial</i>	74
2.3.2.	<i>Datos de Diseño</i>	74

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO	75
3.1.	Cálculos	75
3.1.1.	<i>Cálculo de la Humedad de Material</i>	75
3.1.2.	<i>Cálculo del tiempo de Secado</i>	75
3.1.3.	<i>Cálculo del Diámetro promedio de partículas</i>	76
3.1.4.	<i>Cálculo de la Potencia del Motor del Molino</i>	76
3.1.5.	<i>Cálculo para el Dimensionamiento de las Poleas</i>	78
3.1.6.	<i>Cálculo del Volumen de la Tolla de Alimentación</i>	79
3.1.7.	<i>Cálculo del Volumen del Recipiente de Descarga</i>	79
3.1.8.	<i>Cálculo de las Fuerzas involucradas en la Molturación</i>	80
3.2.	Resultados	83
3.2.1.	<i>Resultados de la Etapa de Deshidratación</i>	83
3.2.2.	<i>Resultados del Tamizado del producto de la Simulación de la Molienda</i>	88
3.2.3.	<i>Resultados de Simulación de la operación de Molienda</i>	88
3.2.4.	<i>Resultados de las Características determinadas del Material Vegetal</i>	88
3.2.5.	<i>Resultados del Diseño del Molino Micronizador</i>	89
3.2.6.	<i>Resultados de los Cálculos Adicionales</i>	89
3.3.	Propuesta	91

3.3.1. <i>Propuesta de Diseño</i>	91
3.3.2. <i>Requerimiento Presupuestario</i>	94
3.4. <i>Análisis y Discusión de Resultados</i>	95
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	
GLOSARIO	
ANEXOS	

TABLA DE CONTENIDO DE ABREVIATURAS

h	Altura de la tolva de alimentación (m)
h_{RD}	Altura del recipiente de descarga (m)
a	Ancho del elemento de molienda (m)
h_P	Altura del elemento de molienda (m)
Hp	Caballo de Potencia
K_R	Constante de Rittinger (m ³ /s ²)
K_B	Constante de Bond (m ^{5/2} /s ²)
d_{tam máx}	Diámetro del tamiz por el que pasan las partículas (μm)
d_{tam mín}	Diámetro del tamiz en el cual se retienen las partículas (μm)
\bar{d}_W	Diámetro promedio de las partículas de la muestra (μm)
d_{mp}	Diámetro medio de las partículas de un fragmento (μm)
d_{mpi}	Diámetro medio de las partículas de un fragmento i (μm)
d_{tam}	Diámetro medio de tamiz (μm)
D_{ma}	Diámetro promedio de partículas de la alimentación (m)
d_{ma}	Diámetro promedio de partículas de la descarga (m)
d_{mín}	Distancia mínima entre poleas (m)
d_{máx}	Distancia máxima entre poleas (m)
E	Energía Requerida (J/Kg)
\dot{m}	Flujo másico (Kg/s)
x_i	Fracción másica de las partículas del fragmento (adimensional)
F_{impacto}	Fuerza de Impacto (N)
F_c	Fuerza Centrífuga (N)
F_{CT}	Fuerza Centrífuga Total (N)
G	Gramos
H	Horas
X_(bs)	Humedad en base seca (Kg de agua / Kg de sólido seco)
X_(bh)	Humedad en base húmeda (%)
X_f	Humedad final (Kg de agua / Kg de sólido)
J	Joule
Kg_{H2O}	Kilogramo de agua
Kg_{SH}	Kilogramo de sólido húmedo
Kg_{SS}	Kilogramo de sólido seco
Kg	Kilogramos

<i>L</i>	Largo del elemento de molienda (m)
<i>M</i>	Masa del elemento de molienda (Kg)
<i>m_R</i>	Masa Retenida en cada tamiz (g)
<i>C</i>	Masa de Finos de tamizado (g)
<i>B</i>	Masa de la muestra inicial en el tamizado (g)
<i>m_{PB}</i>	Masa de producto bruto de descarga (g)
<i>m_{PN}</i>	Masa de producto neto de descarga (g)
<i>m_F</i>	Masa de finos de la molienda (g)
<i>m_i</i>	Masa de la muestra inicial en la molienda (g)
<i>M</i>	Metros
<i>Min</i>	Minutos
<i>N</i>	Newton
<i>Re</i>	Porcentaje de Retenidos (%)
<i>F</i>	Porcentaje de Finos (%)
<i>P</i>	Potencia (W)
<i>Plg</i>	Pulgadas
<i>Rad</i>	Radianes
<i>r_{RD}</i>	Radio del recipiente de descarga (m)
<i>r_g</i>	Radio de giro (m)
<i>R</i>	Radio mayor de la tolva cónica (m)
<i>R</i>	Radio menor de la tolva cónica (m)
<i>rpm</i>	Revoluciones por minuto
<i>S</i>	Segundos
<i>T</i>	Temperatura (°C)
<i>T</i>	Tiempo de secado (h)
<i>n₁</i>	Velocidad angular de la polea conductora (rpm - rad/s)
<i>n₂</i>	Velocidad angular de la polea conducida (rpm - rad/s)
<i>V_{TA}</i>	Volumen de la tolva de alimentación (m ³)
<i>V_{RD}</i>	Volumen del recipiente de descarga (m ³)
<i>W</i>	Watts

TABLA DE CONTENIDO DE TABLAS

TABLA	Pp.
1-1	Contenido Nutricional en 100 g de Orégano Seco.....9
2-1	Características Físico-Mecánicas de la Fibra de Coco.....20
3-1	Composición Química Promedio de la Fibra de Coco.....20
4-1	Equipos de Reducción de Tamaño según su Granulometría.....28
5-1	Especificaciones Técnicas de Micronizadores.....38
6-1	Apertura de Malla de Tamices43
7-1	Esfericidad de las Partículas44
1-2	pH de las Muestras Vegetales en la Desinfección68
2-2	Datos de la Etapa de Deshidratación.....69
3-2	Datos del Tamizaje de las Hojas de Orégano70
4-2	Datos del Tamizaje de las Hojas de Aguacate70
5-2	Datos del Tamizaje de la Fibra de Coco71
6-2	Datos de Reducción de Tamaño de las Hojas de Orégano.....71
7-2	Datos de Reducción de Tamaño de las Hojas de Aguacate72
8-2	Datos de Reducción de Tamaño de la Fibra de Coco72
9-2	Sedimentación de Partículas en Tisanas72
10-2	Formulación de Tisanas73
11-2	Catación de Formulaciones.....73
12-2	Características Organolépticas de Formulaciones73
13-2	Datos de Validación del Molino Micronizador.....73
14-2	Tamaño de la Población.....74
15-2	Valores tomados para el Tamaño de Muestra.....74
16-2	Datos de Diseño para el Dimensionamiento del Equipo.....74
1-3	Deshidratación de las Hojas de Orégano83
2-3	Deshidratación de las Hojas de Aguacate84
3-3	Deshidratación de la Fibra de Coco85
4-3	Diámetro promedio de las partículas de las Hojas de Orégano86
5-3	Diámetro promedio de las partículas de las Hojas de Aguacate87
6-3	Diámetro promedio de las partículas de la Fibra de Coco87
7-3	Matriz de Selección del tiempo óptimo de Molienda88
8-3	Características determinadas del Material Vegetal88
9-3	Potencia para el Equipo Micronizador.....89
10-3	Dimensionamiento del Equipo Micronizador89

11-3	Porcentaje de Retenidos	89
12-3	Porcentaje de Finos y Grado de Desintegración	89
13-3	Validación del Molino Micronizador.....	90
14-3	Propuesta de Diseño del Molino Micronizador	91
15-3	Parámetros del Molino Micronizador	93
16-3	Requerimiento Presupuestario	94

TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS

CUADRO	Pp.
1-1	Clasificación de Principios Activos (Producto Metabolismo Primario)2
2-1	Clasificación de Principios Activos (Producto Metabolismo Secundario)5
3-1	Taxonomía del <i>Origanum vulgare</i> L.....11
4-1	Principios Activos de <i>Origanum vulgare</i> L.12
5-1	Taxonomía del <i>Persea americana</i> Mill.....14
6-1	Principios Activos de la hoja del <i>Persea americana</i> Mill.....15
7-1	Taxonomía de la Palma de Coco.....18
8-1	Tipos de Fuerzas Mecánicas aplicadas - Reducción de Tamaño24
9-1	Características de los diferentes Tipos de Molinos.....30
10-1	Características del Molino de Martillos33
11-1	Características del Molino de Micronizador35
12-1	Componentes Internos para Molino Micronizador35
13-1	Micronizadores ofertados y sus Aplicaciones.....36
14-1	Clasificación de Tamices41
1-2	Desinfección de las Hojas de orégano, aguacate y fibra de coco.....59
2-2	Determinación de la humedad de las hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco60
3-2	Determinación del diámetro de partícula según el Método del Tamizado.....61
4-2	Determinación del Porcentaje de Retenidos y Finos por Tamizado62
5-2	Determinación del Grado de Desintegración63
6-2	Determinación del Tiempo de Molienda64
7-2	Determinación de las características de la tisana65
8-2	Determinación del Rendimiento de Molienda del Material Vegetal66
9-2	Espectrometría IR de Principios Activos de los Materiales Vegetales67

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
1-1 Planta de Orégano.....	10
2-1 Planta de Aguacate.....	14
3-1 Cocotero.....	16
4-1 Variedades de Cocotero	17
5-1 Fibra de Coco.....	19
6-1 Partes del Coco	19
7-1 Tisana.....	21
8-1 Intensidad de la energía según las fuerzas aplicadas	24
9-1 Tipos de Equipos para la Reducción de Tamaño	29
10-1 Componentes del Molino de Martillos.....	32
11-1 Cortadora de Cuchillas.....	39
12-1 Sistema de Transmisión Poleas – Correa.....	49
13-1 Forma Geométrica de la Tolva.....	51
14-1 Forma Geométrica del Recipiente.....	52
15-1 Rotor Interno del Molino Micronizador.....	53
1-3 Curva de Secado de las Hojas de Orégano	84
2-3 Curva de Secado de las Hojas de Aguacate	85
3-3 Curva de Secado para la Fibra de Coco	86
4-3 Molino Micronizador	93

TABLA DE CONTENIDO DE ECUACIONES

ECUACIÓN	Pp.
1.1 Grado de Desintegración.....	27
1.2 Tamaño aritmético de tamices.....	43
1.3 Equivalencia de tamaño entre tamiz y partículas con formas determinadas	44
1.4 Equivalencia de tamaño entre tamiz y partículas irregulares	44
1.5 Diámetro promedio en masa de las partículas de una muestra.....	45
1.6 Tamaño de Muestra.....	45
1.7 Humedad base húmeda.....	46
1.8 Humedad base seca	46
1.9 Ecuación de Energía Requerida para la Molienda según la Ley de Rittinger	47
1.10 Ecuación de la Constante de Rittinger	47
1.11 Ecuación que relaciona la constante de Bond con la de Rittinger.....	48
1.12 Ecuación de Energía Requerida para la Molienda según la Ley de Bond.....	48
1.13 Ecuación de la Potencia según Bond.....	48
1.14 Relación de Transmisión.....	50
1.15 Velocidad Angular de la polea conducida según la Relación de Transmisión.....	50
1.16 Diámetro de la polea conducida según la Relación de Transmisión	50
1.17 Distancia mínima entre los ejes de las poleas	51
1.18 Distancia máxima entre los ejes de las poleas.....	51
1.19 Volumen de la Tolva de Alimentación.....	52
1.20 Volumen del Recipiente de Descarga	52
1.21 Fuerza de Impacto	53
1.22 Torque	54
1.23 Fuerza Centrífuga.....	54
1.24 Masa del Pin.....	54
1.25 Porcentaje de Retenidos	62
1.26 Porcentaje de Finos	62
1.27 Masa del Producto Neto	66
1.28 Rendimiento de la Molienda	66
1.29 Eficiencia del Equipo de Reducción de Tamaño.....	82

TABLA DE CONTENIDO DE ANEXOS

ANEXO	Pp.
A	Recepción del Material Vegetal106
B	Limpieza del Material Vegetal107
C	Desinfección del Material Vegetal108
D	Deshidratación del Material Vegetal109
E	Reducción de Tamaño del Material Vegetal.....110
F	Tamizado del Material Vegetal de la Recepción111
G	Tamizado del Material Vegetal producto de la Molienda112
H	Prueba de Sedimentación de partículas categorizadas en el Tamizado.....113
I	Formulación de Tisana.....114
J	Catación de características organolépticas de formulaciones establecidas.....115
K	Maceración del Material Vegetal116
L	Espectrometría IR117
M	Molino Micronizador.....118
N	Componentes Internos del Molino Micronizador.....119
O	Plano Tridimensional del Molino Micronizador120
P	Plano de Dimensionamiento del Sistema de Transmisión121
Q	Plano de Dimensionamiento del Molino Micronizador122
R	Plano de Dimensionamiento de la Estructura de Soporte.....123
S	Plano de Dimensionamiento de Estator124
T	Plano de Dimensionamiento del Rotor125
U	Plano de Dimensionamiento del Tamiz.....126
V	Análisis de Costos del Molino Micronizador127
W	Espectros IR de las Muestras Vegetales128
X	Formato de Encuesta de la Degustación de Tisanas.....134
Y	Análisis Estadístico136

TABLA DE CONTENIDO DE SÍMBOLOS

π	Constante
\emptyset_1	Diámetro de la polea conductora (m)
\emptyset_2	Diámetro de la polea conducida (m)
\emptyset_i	Diámetro inicial de la partícula (m)
\emptyset_f	Diámetro final de la partícula (m)
ρ_A	Densidad del material de construcción (Kg/m ³)
ε	Eficiencia (%)
Φ	Esfericidad
η	Grado de desintegración
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria
τ	Torque (Nm)

RESUMEN

Se diseñó y construyó el equipo de molienda y tamizado para reducir el tamaño de las hojas de orégano, aguacate y fibra de coco para la obtención de tisanas. La etapa de investigación se inició con el estudio de la materia prima, conjuntamente con pruebas de simulación y análisis experimentales se determinó la humedad adecuada de alimentación cuyo valor para las hojas de orégano y aguacate es del 7% y para la fibra de coco del 5%, además la fuerza mecánica por impacto para la fractura de partículas. Posteriormente se procedió al diseño mediante cálculos de ingeniería adquiriendo los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento. Es así que se presenta un equipo de estructura sólida en acero inoxidable para alimentos, consta de: un sistema de alimentación, un sistema de transmisión, la cámara de molturación compuesta por dos rotores estático y giratorio acoplados a los elementos de molienda y un tamiz intercambiable, un sistema de descarga y un motor de inducción. Su capacidad de diseño es 25 Kg/h, velocidad de operación de 3440 rpm, potencia de 2 Hp y requerimiento energético de 220 V. Tiene aplicaciones para productos alimenticios restringiéndose a materiales grasosos o que sobrepasen el 12% de humedad. Como resultado de su validación se obtuvo un rendimiento del 96,95% y una eficiencia del equipo del 77%, como promedio de las 3 muestras utilizadas, el producto obtenido cumple con los requerimientos necesarios en granulometría para las tisanas, las cuales se obtuvieron como una mezcla del material vegetal molido presentando excelentes características organolépticas y de calidad para su consumo y una aceptabilidad representativa, por tanto se recomienda el estudio minucioso de sus propiedades medicinales ya que sus componentes son ricos en principios activos.

PALABRAS CLAVES: <MOLIENDA> <TAMIZADO> <ORÉGANO *Origanum vulgare* L.> <AGUACATE *Persea americana* Mill> <FIBRA DE COCO> <TISANA> <PRINCIPIOS ACTIVOS> <DESHIDRATACIÓN> <MICRONIZADOR> <POTENCIA>.

SUMMARY

A sifting and grinding system has been built and designed in order to reduce oregano, avocado, and coconut fiber leave size to obtain medicinal herbs. The research stage started with the study of raw material together with simulation tests experimental analysis which determined the appropriate feeding humidity which value is 7% for oregano and avocado and 5% for coconut fiber. In addition the shock mechanical power for the particle fracture was also tested. Then it was designed by means of engineering calculations to obtain the necessary parameters for the wright performance. That's why it was presented a solid stainless steel equipment for food containing supplying system, a transmission system, a grinding chamber, containing two static and rotary rotors coupled to the grinding elements, and an interchangeable sieve, a discharging system and an induction motor. Its capacity is 25 Kg/h, its operational speed is 3440 rpm, its power is 2 Hp, and a 220 V input. It has food applications with restrictions for fatty materials which overpasses a 12% of humidity. A performance result of 96, 95% was obtained as a validation result as well as an equipment efficiency of 77%. An average of the used samples shows that the product meets the grain size requirements for medicinal herbs, which resulted from grinded vegetal material showing excellent organoleptic characteristic for its consumption. Thus it is necessary to make a deep analysis of its medicinal properties since its components are rich in active principles.

KEY WORD: <GRINDING> <SIFTING> <OREGANO *Origanum vulgare* L.> <AVOCADO *Persea Americana* Mill> <COCONUT FIBER> <HERBS> <ACTIVE PRINCIPLES> <DEHYDRATION> <MICRONIZER> <POWER>.

INTRODUCCIÓN

La Operación de Reducción de Tamaño se aplica a toda forma y tamaño de partículas sólidas que por aplicación de fuerzas mecánicas pasan de unidades grandes a fragmentos más pequeños, si a ésta se complementa la operación de tamizado que permite la separación de partículas basándose en su granulometría, el resultado es un proceso unificado que permita la obtención directa de un producto que satisfaga con todos los requerimientos establecidos, dando mayor facilidad de operación, reduciendo costos de producción y posibles pérdidas de la materia prima o el producto al trabajar en operaciones separadas. A nivel industrial es muy utilizado este proceso ya que permite obtener productos de fácil manejo, aumentar su vida útil, homogenizar su tamaño y controlar su granulometría.

Existen muchos elementos en la naturaleza que por su tamaño y textura no pueden ser utilizados de forma directa a nivel industrial, sino más bien deben someterse a diversas operaciones como la reducción de tamaño para aprovechar todas sus propiedades de una forma adecuada, un ejemplo de esto son las plantas que además de ser la fuente primaria de alimentos son una valiosa reserva de medicina natural, pues algunas de sus partes poseen principios activos que actúan eficazmente en el organismo para el tratamiento y alivio de diferentes trastornos o molestias, dichos compuestos estabilizados y equilibrados como una mezcla que integran la planta tienen en la actualidad mucho interés para uso terapéutico y medicinal. Sin embargo hay muchos tipos de materiales vegetales que aún no han sido aprovechados ni explotados como es el caso de las hojas de aguacate, orégano y fibra de coco, las cuales son ricas en principios activos que les atribuyen innumerables propiedades medicinales que pueden ser consumidas si se unificaran en un producto como las tisanas de fácil manejo y accesibilidad en el mercado.

El proceso para la obtención de tisanas está conformado por las siguientes etapas: Recepción y Clasificación de la materia prima, Limpieza, Desinfección, Presecado, Deshidratado, Molienda, Tamizado, Envasado, Esterilización, Formulación, Sacheteado y Empacado. El diseño y construcción del equipo planteado tienen la finalidad de unificar dos operaciones, la molienda y el tamizado adaptándolas a las propiedades que presentan las hojas de orégano, aguacate y fibra de coco, para la obtención directa de un producto cuya granulometría cumpla con los requerimientos especificados para la producción de tisanas las cuales conserven todos los principios activos y propiedades medicinales presentes en la materia prima, además de fomentar el estudio práctico de las operaciones unitarias de Molienda y Tamizado, brindando un soporte al desarrollo del estudiante de la Carrera de Ingeniería Química.

El estudio de las propiedades medicinales de las plantas y la utilización de éstas para la producción de tisanas y té aromáticos han permitido a varias industrias destacarse en mercados tanto nacionales como internacionales. A nivel mundial se destacan Industrias como: Jaibel, Hindú, Tisanas Oriental, Termoaromas y Tisanas Orquídea. A nivel del Ecuador se destacan: la Industria de Aromas de Tungurahua, Industria de Especierías ILE C.A, Jambi Kiwa, Cedein, Asociación San José de las Palmas, Asociación Agroartesanal de Productores de Plantas Secas Medicinales del Ecuador UNORCACH, cuyos productos han sido comercializados en mercados como Europa, Japón, China, Francia, Estados Unidos, etc. La mayoría de productores de plantas aromáticas están distribuidos en 14 Organizaciones ubicadas en su mayoría en la región sierra.

En el Ecuador existe un aproximado de 250 especies de plantas medicinales y aromáticas conocidas, 125 de ellas ampliamente comercializadas entre las que se destacan el orégano, hierba luisa, cedrón, manzanilla, menta, llantén, malva, anís, cola de caballo, escancel, amaranto, horchata, té negro, matico, hierba buena, canela, eucalipto, toronjil, etc., y esto es solo una fracción de la riqueza que se estima existente en el país. Por tal motivo es necesario e importante valorar y aprovechar la materia prima que se cultiva en el país ya que son una inmensa riqueza que aún no ha sido explotado en su totalidad, y conjuntamente con el estudio de productos innovadores poder contribuir al cambio de la matriz productiva.

Antecedentes

La Molienda desde tiempos muy antiguos ha sido utilizada para diversas actividades principalmente para la alimentación y la agricultura, aunque rudimentariamente las personas la usaban para triturar tubérculos, semillas de recolección como bellotas, castañas y obtener harina a partir del grano de trigo y otros cereales, por medio del machacado entre dos piedras, la finalidad de estos era facilitar su manejo y ayudar al organismo a asimilar los alimentos tratados, las mejoras de esta molienda primitiva dieron paso a la invención de los molinos apareciendo en primera instancia los de tracción los cuales funcionaban por el esfuerzo empleado de hombres o animales, posteriormente aparecieron los molinos de agua y los molinos de viento.

Al pasar los años se ha ido perfeccionando su funcionamiento y en la actualidad existen diversos modelos, tipos y tamaños adaptados para cualquier tipo de material, debido a eso grandes y pequeñas empresas del campo alimenticio, farmacéutico, cosmético, químico, mineral y cementero, han hecho uso de ésta para la obtención de sus productos.

Una de las aplicaciones importantes de esta operación está dirigida a la producción de tisanas a partir de plantas medicinales las cuales presentan bondadosas propiedades que hoy en día son la principal causa de su consumo, debido a esto se considera importante indagar el origen de su

utilización. Desde la antigüedad el hombre ha utilizado los beneficios medicinales de las plantas para tratar diversas enfermedades, pero con el progreso de la Química y el surgimiento de la Farmacología se opacó su utilización, ya que los innumerables logros y avances farmacológicos consiguieron asegurar un espacio muy importante en el cuidado de la salud, no obstante siempre se ha cuestionado el hecho de que ningún químico se halla exento de efectos secundarios, por tal motivo la medicina natural sigue manteniendo vigencia en el mercado, por su capacidad para regular procesos vitales, prevenir enfermedades sin causar efecto de rebote o resistencia y ser una valiosa fuente de salud al usarlas racionalmente.

La forma de administración más habitual de las plantas es mediante las tisanas, que no son otra cosa que una administración líquida simple, resultado de la acción del agua sobre los productos vegetales. Generalmente para prepararlas se suele recurrir al proceso extractivo denominado infusión. En la actualidad la sociedad urbanística en muchas de las ocasiones impide que las personas puedan disponer en sus hogares de plantas para uso medicinal, por ello mediante operaciones físicas como la molienda se elabora productos de fácil acceso en el mercado para los consumidores.

Es importante mencionar los estudios realizados de la operación de reducción de tamaño, efectuados para el tratamiento de materiales vegetales, entre los cuales se destaca:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO REDUCTOR DE TAMAÑO DE BERRO, ESPINACA Y ZANAHORIA”, PATIÑO, Cristian J. y OCAMPO, Jorge A. Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, ESPOCH. Riobamba-Ecuador. 2014.

“DISEÑO DE UN TRITURADOR PULVERIZADOR DE ESTOPA DE COCO PARA LA PRODUCCIÓN DE SUSTRATO GRANULADO”. CAJAS, Darwin B. Facultad de Ingeniería Mecánica. ESPE. Quito-Ecuador. 2011.

Justificación

Las hojas de orégano, aguacate y fibra de coco son un material vegetal rico en principios activos de uso terapéutico y medicinal ya que poseen propiedades que favorecen al cuidado de la salud. A pesar de que su comercialización es mínima y se dirige a otras aplicaciones su disponibilidad en el entorno es muy favorable para la producción de tisanas. Es así que se resalta en las hojas de aguacate propiedades principalmente de emenagogo y antiinflamatorio, en las hojas de orégano excelentes propiedades antiespasmódicas y antimicrobianas y en la fibra de coco un potente diurético, que al ser unificadas en una tisana se convertirá en un potente producto natural de fácil

manipulación que conserva todas las propiedades de la materia prima y que su utilización ayude al tratamiento de problemas digestivos y principalmente que sea accesible al consumidor.

El diseño y construcción del equipo de molienda y tamizado para el material vegetal se encamina al Molino Micronizador ya que permite procesar las hojas de orégano, aguacate y fibra de coco previamente deshidratadas a una humedad específica para obtener directamente un producto que cumpla con la granulometría óptima para la producción de tisanas a pequeña escala pero que de igual manera satisfaga todas las expectativas de calidad e higiene requeridas para su conservación, proponiendo así una contribución investigativa e innovadora dentro de la Carrera de Ingeniería Química.

Objetivos

General

Realizar el diseño y construcción de un equipo de molienda y tamizado para hojas de aguacate, orégano y fibra de coco.

Específicos

- ❖ Identificar las variables de proceso previo al diseño.
- ❖ Simular el proceso de molienda y tamizado.
- ❖ Realizar los cálculos de ingeniería.
- ❖ Construir el equipo de molienda y tamizado para hojas de aguacate, orégano y fibra de coco.
- ❖ Realizar la validación del equipo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Material Vegetal

1.1.1 *Principios Activos de las Plantas*

1.1.1.1 *Definición*

Los principios activos son moléculas resultantes del metabolismo celular de las plantas, que alteran o modifican el funcionamiento de órganos y sistemas del cuerpo humano y animal.

1.1.1.2 *Aspectos Significativos*

En los diferentes órganos de una planta encontramos un conjunto de compuestos denominados principios activos, los cuales incluso en una misma especie pueden encontrarse en diferentes proporciones y concentraciones, dependiendo de diversos factores biológicos – ambientales como: la edad de la especie vegetal, el clima, el terreno y el tipo de cultivo. Debido a la acción terapéutica que generan este tipo de sustancias, muchas de ellas son aisladas y sintetizadas a nivel de laboratorio, pero es importante considerar que un conjunto de compuestos no ejercen el mismo comportamiento que uno sólo compuesto, por ello en la naturaleza la composición de un elemento natural como lo son las plantas, está dada de tal forma que se establece una actividad global y equilibrada. Es así que al utilizar raíces, hojas, semillas y otras partes de las plantas; lo menos transformadas, existen menos efectos secundarios por estar compensadas de forma natural las proporciones de sus componentes.

1.1.1.3 *Clasificación*

A continuación se detalla un resumen general acerca de la clasificación de los principios activos presentes en las plantas.

CUADRO 1-1: Clasificación de Principios Activos (Producto Metabolismo Primario)

PRODUCTOS RESULTANTES DEL METABOLISMO PRIMARIO			
PRINCIPIO ACTIVO	NOMBRES ALTERNATIVOS	COMPOSICIÓN	ORIGEN
HIDRATOS DE CARBONOS	Carbohidratos Glúcidos	Sustancias compuestas de H, O y C.	Reacciones Fotosintéticas
CLASIFICACIÓN			
NOMBRE	EJEMPLOS	CARACTERÍSTICA/S	PROPIEDADES o BENEFICIOS
Monosacáridos/Disacáridos	✓ Glucosa ✓ Fructosa ✓ Sacarosa	✓ Glúcidos simples ✓ Solubles en agua y de sabor dulce ✓ Se encuentran sobre todo en los frutos	✓ Energéticas
Polisacáridos Metabolizables	✓ Almidón	✓ Polisacárido ✓ Formado por la unión en cadena de numerosas moléculas de glucosa.	✓ Energéticas ✓ Emolientes
Polisacáridos Fibras	✓ Celulosa ✓ Hemicelulosa	✓ Polisacáridos ✓ Forman la pared celular de la célula vegetal ✓ Fibras insolubles ✓ No digeribles	✓ Buena digestión ✓ Motilidad intestinal ✓ Funciones excretorias terminales.
PRINCIPIO ACTIVO	NOMBRE ALTERNATIVO		
FIBRA	Fibra Dietética		
CLASIFICACIÓN			
NOMBRE	EJEMPLOS	CARACTERÍSTICA/S	PROPIEDADES o BENEFICIOS
Fibra Insoluble	✓ Lignina	✓ Constituyente intercelular incrustante o cementante de las células fibrosas de los vegetales secos. ✓ Junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular.	✓ Puede ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, colesterol), retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes.
Fibra Soluble	✓ Pectina	✓ Glúcido que no se absorbe en el intestino.	✓ Lubricante y suavizante para el paso de las heces.

PRINCIPIO ACTIVO	CARACTERÍSTICA/S	PROPIEDADES o BENEFICIOS	
RESINA	<ul style="list-style-type: none">✓ Sustancia o mezcla de naturaleza amorfa✓ Peso molecular relativamente alto✓ Insoluble en agua y soluble en algunos disolvente orgánicos.	<ul style="list-style-type: none">✓ Laxantes✓ Purgantes✓ Cicatrizantes✓ Expectorantes✓ Rubefacientes✓ Antitumorales	
PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN		
ÁCIDOS ORGÁNICOS	Son compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo ácido.		
COMPUESTOS REPRESENTATIVOS			
NOMBRE	CARACTERÍSTICA/S	PROPIEDADES o BENEFICIOS	
Ácido Cítrico/Ácido Málico/Ácido Tartárico	<ul style="list-style-type: none">✓ Son sustancias intermedias y prácticamente universales del metabolismo.✓ Se concentran especialmente en los frutos	<ul style="list-style-type: none">✓ Aumentan la producción de saliva y limpian la cavidad bucal, produciendo un efecto refrescante y disminuyendo el número de las bacterias causantes de las caries y de las infecciones bucales.✓ Aumentan también la producción de jugos gástricos, por lo que tienen efecto aperitivo.✓ Además, son ligeramente laxantes y diuréticos	
Ácido Salicílico	<ul style="list-style-type: none">✓ Compuesto orgánico de tipo fenólico	<ul style="list-style-type: none">✓ Antiinflamatoria, Analgésica y Antipirética✓ Además se usa en diversas afecciones reumáticas	
Ácido Oxálico	<ul style="list-style-type: none">✓ Se encuentra sobre todo en las hojas verdes.✓ Suele formar sales minerales en conjunción con el calcio y potasio.		
PRINCIPIO ACTIVO	NOMBRES ALTERNATIVOS	COMPOSICIÓN	ORIGEN
LÍPIDOS	Grasas	Sustancias cuyas moléculas están formadas por la unión de glicerina u otros alcoholes, con diferentes ácidos grasos.	Las plantas los producen a partir de los hidratos de carbono.
CLASIFICACIÓN			
NOMBRE	EJEMPLOS	CARACTERÍSTICA	PROPIEDADES o BENEFICIOS

Simples	✓ Ácidos Grasos	✓ Son largas cadenas lineales de carbono y que poseen átomos de hidrógeno y oxígeno con funciones carboxílicas. ✓ Pueden ser esenciales o no esenciales ✓ Pueden ser saturados o insaturados.	✓ Energéticas
	✓ Acilglicéridos	Ésteres formados por ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol, un polialcohol.	✓ Energéticas
	✓ Ceras	Son ésteres de ácidos grasos de cadena larga, con alcoholes también de cadena larga.	✓ Lubricantes y protectoras de la piel.
Complejos	✓ Fosfolípidos	Lípidos complejos, puesto que, además de poseer C, H y O, se encuentran formados por un compuesto nitrogenado y P.	
	✓ Lipoproteínas	Combinaciones de moléculas de grasas-proteínas.	
PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN	PROPIEDADES o BENEFICIOS	
VITAMINAS	De composición variada	Actúan como biocatalizadores de numerosas reacciones químicas y no pueden ser producidas por nuestro organismo.	
CLASIFICACIÓN			
NOMBRES	EJEMPLOS	PROPIEDADES o BENEFICIOS	
Vitaminas Hidrosolubles	✓ Vitamina B1	✓ Importante para producir energías desde los carbohidratos	
	✓ Vitamina B2	✓ Contribuye a la producción de energía interna ✓ Ayuda al crecimiento y la reproducción	
	✓ Vitamina C	✓ Antioxidantes ✓ Ayuda a absorber el hierro desde los alimentos ✓ Interviene en la asimilación de ciertos aminoácidos, del ácido fólico y del hierro ✓ Contrarresta los efectos de los nitratos (pesticidas) en el estómago	
Vitaminas Liposolubles	✓ Vitamina A	✓ Participa en la elaboración de enzimas en el hígado y de las hormonas sexuales y suprarrenales. ✓ Importante para la visión ✓ Ayuda al buen funcionamiento de la inmunidad, reproducción, crecimiento y mantención de las células de la piel, tracto gastrointestinal y membranas de mucosas.	

	✓ Vitamina D	✓ Importante para la absorción de minerales Calcio y Fósforo y mantener fuertes huesos y dentadura.
	✓ Vitamina E	✓ Antioxidantes
PRINCIPIO ACTIVO	CARACTERÍSTICAS	
MINERALES	✓ Los átomos de los minerales contenidos en las plantas se encuentran unidos a moléculas de ácidos, formando de esta manera sales minerales. ✓ Entre los minerales más importantes para el ser humano tenemos: Ca, P, Fe, Mg, K, Si, I y los oligoelementos.	

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

CUADRO 2-1: Clasificación de Principios Activos (Producto del Metabolismo Secundario)

PRODUCTOS RESULTANTES DEL METABOLISMO SECUNDARIO			
PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES o BENEFICIOS
ACEITES ESENCIALES	Son sustancias orgánicas de composición química compleja y variable, predominando: los terpenos y sus derivados.	✓ Son productos de reserva, derivados del metabolismo de la planta. ✓ Volátiles ✓ Insolubles en el agua ✓ Solubles en éter, alcohol o aceite.	✓ Antibióticas ✓ Expectorantes ✓ Antiespasmódicas ✓ Digestivas ✓ Diuréticas ✓ Antisépticas (por el coeficiente fenólico que contienen).
PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES o BENEFICIOS
ALCALOIDES	Se trata de compuestos de nitrógeno, hidrógeno, carbono y oxígeno.	✓ De naturaleza alcalina ✓ Tienen la capacidad de combinarse con sustancias ácidas para crear sales.	✓ Efecto hipotensor ✓ Efecto Antitumoral ✓ Medicamento oftálmico variado y otros.

PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN		CARACTERÍSTICAS
HETERÓSIDOS O GLUCÓSIDOS	Constituidos por la unión de dos tipos de sustancias: ✓ Un glúcido (azúcar), que puede ser la glucosa, pentosa, u otros. ✓ Una sustancia no azucarada, llamada genina o aglucón, que puede ser un ácido, un alcohol, u otro compuesto orgánico.		✓ Las propiedades de los glucósidos dependen de la naturaleza química de su genina, y son muy variadas. ✓ Son sustancias activas, cuando penetran en el organismo humano.
	CLASIFICACIÓN		
	NOMBRE		PROPIEDADES o BENEFICIOS
	✓ Antraquinónicos		✓ Purgantes
	✓ Cardiotónicos		✓ Diurético ✓ Tónico cardíaco
	✓ Cianogénicos		✓ Anestésicos ✓ Antiespasmódicas ✓ Hipotensoras
	✓ Cumarínicos		✓ Antimicrobiano ✓ Anticoagulante ✓ Protector solar
	✓ Fenólicos		✓ Febrífugas ✓ Antipiréticas
	✓ Flavónicos		✓ Fragilidad Capilar ✓ Vitamina C
	✓ Ranunculósidos		
	✓ Saponósidos		✓ Emolientes
	✓ Sulfurados		✓ Antibióticos
PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES o BENEFICIOS
MUCÍLAGOS O GOMAS	Son polisacáridos, glúcidos de larga cadena, difundidos en plantas llamadas mucilaginosas.	✓ Se forman en los procesos vitales de los vegetales. ✓ Son en parte solubles en agua, en el cual se hinchan.	✓ Antidiarreicas ✓ Antiácidas ✓ Acción antitusígena ✓ Acción Laxante

PRINCIPIO ACTIVO	COMPOSICIÓN	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDADES o BENEFICIOS
TANINOS	Son productos naturales fenólicos	<ul style="list-style-type: none">✓ Son principalmente solubles en alcohol y agua y se identifican generalmente con el ácido tánico.✓ Pueden ser hidrolizables o condensados.	<ul style="list-style-type: none">✓ Antidiarreicas✓ Antimicrobianas✓ Antioxidantes✓ Astringentes✓ Hemostáticas✓ Antisépticas✓ Tonificantes
PRINCIPIO ACTIVO	CLASIFICACIÓN	PROPIEDADES ó BENEFICIOS	
POLIFENOLES	<ul style="list-style-type: none">✓ Ácidos Fenólicos	<ul style="list-style-type: none">✓ Antioxidantes✓ Analgésicos	
	<ul style="list-style-type: none">✓ Cumarinas	<ul style="list-style-type: none">✓ Acción vitamínica P✓ Disminuye la permeabilidad capilar y la refuerzan✓ Fotosensibilizadoras✓ Antiinflamatorios✓ Vasodilatadores coronarios✓ Ligero efecto hipnótico✓ Sedantes✓ Anticoagulantes	
	<ul style="list-style-type: none">✓ Flavonoides	<ul style="list-style-type: none">✓ Antialérgicas✓ Antiinflamatorias✓ Antivíricas✓ Anticancerosas✓ Antioxidantes	
	<ul style="list-style-type: none">✓ Lignanós	<ul style="list-style-type: none">✓ Actividad antimicótica✓ Efecto antihepatotóxico	
	<ul style="list-style-type: none">✓ Quinonas	<ul style="list-style-type: none">✓ Algunos se usan como laxantes y vermífugos, y otros como pigmentos en cosmética, en histología.	

PRINCIPIO ACTIVO	CLASIFICACIÓN	PROPIEDAD o BENEFICIO
TERPENOIDES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monoterpenos ✓ Diterpenos ✓ Triterpenos ✓ Tetraterpenos ✓ Politerpenos 	✓ Antioxidantes (Protegiendo los lípidos, la sangre y demás fluidos corporales del ataque de radicales libres de especies del oxígeno).
	✓ Carotenos	✓ Antioxidantes
	✓ Saponinas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Surfactantes ✓ Antibióticas
PRINCIPIO ACTIVO	CARACTERÍSTICAS	PROPIEDAD o BENEFICIO
PRINCIPIOS AMARGOS	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se caracterizan por el peculiar sabor que aportan a la planta ✓ Se clasifican en tres grupos: puros, picantes y aromáticos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Efecto tónico general ✓ Actividad estimulante sobre la secreción de jugos gástricos.

REALIZADO POR: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015.

1.1.2 Orégano

1.1.2.1 Generalidades del Orégano

El orégano es originario de Europa y Asia Occidental, sin embargo en la actualidad se cultiva en todo el mundo, gracias a su facilidad de adaptación a condiciones de clima templados o subtropicales y a suelos húmicos, arcillosos, arenosos, calcáreos e incluso áridos, su cultivo puede desarrollarse desde los 50 a 3 400 msnm permitiendo obtener cosechas con buena rentabilidad.

En el Ecuador se cultivan variadas especies de orégano principalmente las pertenecientes a la familia Lamiaceae del género *Origanum* con un aproximado de 38 especies entre las que se puede destacar: *O. vulgare*, *O. onites*, *O. viruns* y el *O. compactum*. No obstante la producción de orégano es limitada destinada principalmente a la gastronomía como condimento, esto se debe a que sus aplicaciones no alcanzan estándares de mayor escala a nivel industrial y las técnicas aplicadas de cultivo son rudimentarias. Cada una de las especies se distingue por su morfología, sin embargo en las mismas especies puede haber variedad con respecto a su contenido de esencia, la cual tanto en calidad como en cantidad va a depender de la edad de la planta, lugar geográfico de cultivo, estado de crecimiento, condiciones climáticas, época de recolección, condiciones de almacenaje y procesos de deshidratación. A pesar de esto la mayoría de las especies cultivadas poseen notables propiedades medicinales que se atribuyen a la gran cantidad de compuestos biológicamente activos y equilibrados y a su contenido nutricional el cual se establece en la siguiente tabla:

TABLA 1-1: Contenido Nutricional en 100 g del Orégano Seco

ELEMENTO	UNIDAD	VALOR
Agua	%	7,15
Proteínas	g	11,0
Fibra	g	42,8
Grasa Total	g	10,25
Colesterol	-	-
Purinas	-	-
MINERALES		
Calcio	g	1,576
Hierro	g	0,044
Magnesio	g	0,27
Zinc	g	0,0043
Selenio	g	0,0059
Sodio	g	0,015
Potasio	g	1,669
VITAMINAS		
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0,34
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0,32
Vitamina C (Ác. Ascorbico)	mg	50,0
Vitamina A (Retinol)	µg	690,3
Vitamina B3 (Niacina)	mg	6,22
Vitamina B6	mg	1,21

β-Carotenos	μg	4112
Ácido Fólico	μg	274
ÁCIDOS GRASOS		
Ác. Mirístico	g	0,17
Ác. Palmítico	g	1,7
Ác. Estearico	g	0,58
Ác. Palmitoleico	g	0,16
Ác. Oleico	g	0,51
Ác. Linoleico	g	1,05
Ác. Linolénico	g	4,18
FITOSTEROLES		
Fitosteroles totales	mg	203
HIDRATOS DE CARBONO SIMPLES		
Glucosa	g	1,9
Fructuosa	g	1,13
Galactosa	g	0,15
Sacarosa	g	0,91

REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: DIETAS.NET – COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL OREGANO SECO

1.1.2.2 Especie *Origanum vulgare* L.

FIGURA 1-1: Planta de Orégano



FUENTE: MARIÑO M. /ROMERO E. 2015.

El *Origanum vulgare* L. es una planta herbácea vivaz y perenne, de buen desarrollo y rápido crecimiento, de olor agradable y penetrante, cuya vegetación puede perdurar más de 2 años, considerada como especie aromática por la riqueza y calidad de su esencia en principios activos encontrados principalmente en sus hojas y flores, las mismas que son generalmente utilizadas tanto frescas como secas para varias aplicaciones en: perfumería, licorería, gastronomía, cosmetología, farmacología e industrias alimenticias.

En la Provincia de Chimborazo el *Origanum vulgare* L. es la especie que más se cultiva en áreas templadas del Cantón Alausí, debido a su gran adaptabilidad tanto en clima como suelo y principalmente en zonas aledañas se sitúan industrias productoras y procesadoras de plantas aromáticas como Jambí Kiwa.

Taxonomía del *Origanum vulgare* L.

CUADRO 3-1: Taxonomía del *Origanum vulgare* L.

✓ REINO:	Plantae
✓ DIVISIÓN:	Magnoliophyta
✓ CLASE:	Magnoliopsida
✓ ORDEN:	Lamiales
✓ FAMILIA:	Lamiaceae
✓ GÉNERO:	<i>Oreganum</i> X
✓ ESPECIE:	<i>O. vulgare</i> L.

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: HERBARIO ESPOCH

Morfología del *Origanum vulgare* L.

El *Origanum vulgare* L. se desarrolla como un arbusto mediano achaparrado de 60 cm de altura, sus tallos consistentes adquieren una coloración verde rojizo y se ramifican en la parte superior de la planta, sus flores de color rosa púrpureo son pequeñas dispuestas en inflorescencias apicales y sus hojas verticiladas son ovales, enteras, opuestas entre sí y de color verde claro. Las partes con mayor utilidad son las hojas, las cuales contienen el mayor porcentaje de esencia color amarillo limón como una mezcla de todos sus principios activos.

Principios Activos de las Hojas del *Origanum vulgare* L.

La norma NTE INEN 2392:2007. (Hierbas Aromáticas. Requisitos) específica para esta especie que su porcentaje mínimo en aceites esenciales es de 0,5% para ser utilizado como hierba aromática. Es importante recalcar que su propiedad antimicrobiana lo ha hecho destacarse como un buen conservante de alimentos principalmente utilizado en quesos, productos de panadería, carnes, pescado, mariscos, frutas y verduras, además es muy utilizado ya que presenta una toxicidad nula, contribuye con las características organolépticas de sabor y olor de los alimentos permitiendo consumir productos saludables y libres de aditivos sintéticos.

Según investigaciones realizadas a las hojas del *Origanum vulgare* L., la actividad antimicrobiana de sus aceites esenciales se debe a la potente acción de sus compuestos mayoritarios como son los aceites esenciales (carvacrol y timol), estos principios activos se consideran antimicrobianos ya que obligan a las bacterias, hongos, levaduras y virus a cambiar su modo de acción en el organismo inhibiendo su producción de toxinas, además desintegran su membrana celular conduciéndolos a la muerte. La eficiencia de esta actividad se acrecienta cuando estos compuestos actúan juntos, es decir mediante el uso de la planta ya que en ésta todos los compuestos se encuentran estables y equilibrados.

Asimismo según pruebas experimentales realizadas se ha establecido que la actividad antimicrobiana de los principios activos del orégano actúan específicamente sobre microorganismos como: *Escherichia coli*, *Staphilococcus aureas*, *Salmonella typhimurium*, *Candida albicans*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis* y *Pseudomonas aeruginosa*.

El *Origanum vulgare L.* posee innumerables propiedades terapéuticas que se le atribuyen a cada uno de sus principios activos, entre estas se encuentran: antimicrobiano, antioxidante, expectorante, béquico, antitusígeno, tónico, amargo excitante, emenagogo, diurético, diaforético, estrogénico, antiparasitario, antiespasmódico, dermatigénico, antiácido, antidiarreico, antimicótico, antiviral, resolutivo, estomáquico, antiacné, antiséptico, antiinflamatorio, antirreumático, cicatrizante, antimutagénico, estimulante, sedante, bactericida y carminativo.

A continuación se detalla la composición química de las hojas del *Origanum vulgare L.* y el porcentaje de contenido de sus principales compuestos, así como las propiedades terapéuticas de cada principio activo que lo constituye.

CUADRO 4-1: Principios Activos del *Origanum vulgare L.*

PRINCIPIOS ACTIVOS	COMPUESTOS	PROPIEDADES
FENOLES	CARVACROL (65,63%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antimicrobiano ✓ Aromatizante ✓ Sedante ✓ Antiespasmódico ✓ Carminativo
	TIMOL (13,17%)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antimicrobiano ✓ Antimicótico ✓ Sedante ✓ Antiespasmódico ✓ Carminativo
FLAVONOIDES	APIGENINA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antioxidante ✓ Antiinflamatorio ✓ Antimutagénico ✓ Antirreumático
	LUTEOLINA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antioxidante ✓ Antiinflamatorio ✓ Estrogénico ✓ Antimutagénico ✓ Antirreumático
TERPENOS	ρ -CIMENO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antibacteriano ✓ Antimicótico
	γ -TERPINENO, α -TERPINENO, TERPINEN-4-OL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antioxidante
	β -PINENO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Antiinflamatorio
	L-LIMONENO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aromatizante ✓ Antiácido ✓ Antimicrobiano ✓ Saborizante ✓ Antiséptico
	GERANIOL	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aromatizante

	MIRCENO	✓ Antiinflamatorio ✓ Sedante
SESQUITERPENOS	CARIOFILENO	✓ Antiinflamatorio ✓ Antimicrobiano
ÁCIDOS	URSÓLICO	✓ Antirreumático
	CAFEICO	✓ Diurético ✓ Antimicrobiano ✓ Antiinflamatorio
	CLOGÉNICO	✓ Antiinflamatorio ✓ Antioxidante
	ROSMARÍNICO	✓ Antioxidante
	TÁNICO	✓ Antioxidante ✓ Astringente
	FERÚLICO	✓ Antiinflamatorio
	R-HIDROXIBENZÓICO	✓ Antiséptico
MUCÍLAGOS	✓ Antidiarreico, Antiácido y Antitusígeno	
RESINA	✓ Cicatrizante, Expectorante y Antitumoral	
TÁNICOS	✓ Antidiarreico y Antimutagénico	

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

1.1.2.3 Usos Medicinales del Orégano

Gracias a sus propiedades terapéuticas es comúnmente utilizado en infusiones, tisanas, cataplasmas, medicamentos naturales, etc. para tratar: afecciones respiratorias (tos, gripe, asma, neumonía o laringitis) y trastornos digestivos (flatulencia, estreñimiento, espasmos y cólicos) estimulando las funciones gástricas y biliares. Además controla los niveles de ácido úrico y colesterol en el organismo; evita los cólicos menstruales; favorece la circulación sanguínea regulando la presión arterial; previene problemas cardíacos, aparición de trombos, enfermedades reumáticas, cáncer de colon e infecciones bacterianas en el tracto urinario y la piel (eczemas y dermatitis); calma dolores musculares, tortícolis, lumbago, odontalgia, nervios, estrés e insomnio; favorece al sistema inmunológico y a la cicatrización de heridas y contribuye al retardo de los efectos del envejecimiento.

1.1.3 Aguacate

1.1.3.1 Generalidades del Aguacate

El aguacate proviene de México y América Central, pero debido a su gran demanda se ha extendido por todo el mundo existiendo un aproximado 500 variedades cultivadas. Se caracteriza por adaptarse a climas tropicales o templados y altitudes aproximadas de 800-2500 msnm. En el Ecuador el área cultivada de aguacate principalmente del género *Persea* de la cual se distinguen 3 especies la *P. schiedeana*, *P. parviflora* y *P. americana* ha ido incrementándose debido a su alto

valor comercial, su buena rentabilidad y valiosas propiedades alimenticias, las cuales se le atribuyen a su alto contenido de lípidos, glúcidos, proteína, sales minerales y vitaminas presentes en la pulpa del fruto.

Actualmente el aguacate se destina al consumo en fresco y para la industria principalmente aplicado a la producción de alimentos, extractos de aceites y productos farmacológicos. Sin embargo el árbol de aguacate ofrece otras posibilidades de aplicación además de sus frutos y son las hojas consideradas como una fuente de sustancias ricas en principios activos de uso terapéutico. Estas presentan en su contenido nutricional significativas concentraciones de fósforo, potasio, calcio, magnesio, ácido linolénico y linoléico.

1.1.3.2 Especie *Persea americana* Mill

FIGURA 2-1: Planta de Aguacate



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

El *Persea americana* Mill es un frutal pertenece a la familia Laurácea, posee 8 variedades de las cuales solamente son de importancia el *P. americana* var. *Americana* (Antillana), *P. americana* var. *Guatemalensis* (Guatemalteca) y *P. americana* var. *Drymifolia* (Mexicana), las cuales distan por su morfología y condiciones ecológicas de adaptación.

Taxonomía del *Persea americana* Mill

CUADRO 5-1: Taxonomía del *Persea americana* Mill

✓ REINO:	Plantae
✓ DIVISIÓN:	Magnoliophyta
✓ CLASE:	Magnoliopsida
✓ ORDEN:	Lurales
✓ FAMILIA:	Lauraceae
✓ GÉNERO:	Persea
✓ ESPECIE:	<i>P. americana</i> Mill.

REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: HERBARIO ESPOCH

Morfología del *Persea americana* Mill

El *Persea americana* Mill son árboles de ramaje abundante, con tallos cilíndricos y leñosos que puede alcanzar hasta los 60 cm de diámetro, sus hojas perennes dispuestas en espiral brotan en racimos y su tonalidad varía de verde claro a oscuro a lo largo de su desarrollo, además son oblongas, enteras, alternadas y de superficie lustrosa. Los frutos dependiendo de la especie y época de maduración varían en tamaño, forma y contenido de ácidos grasos. Tienen raíces de anclaje cuya profundidad varían entre 3-4 m por esta razón necesitan de suelos profundos, permeables y ricos en materia orgánica. Su cultivo depende de las técnicas óptimas de cosecha aplicadas y de dos factores importantes como son la temperatura y la precipitación. El género *Persea* en condiciones naturales puede alcanzar hasta los 10 m de altura.

Principios Activos de las Hojas del *Persea americana* Mill

Las hojas del *Persea americana* Mill contienen una mezcla rica en principios activos a los cuales se les atribuyen propiedades terapéuticas tales como: antiinflamatorio, antiséptico, cicatrizante, antihelmíntico, vermífugo, emenagogo, antivomitivo, hipotensor, febrífugo, estomáquico, diurético, antiespasmódico, pectoral, antidiarreico, antirreumático, antineurálgico, antiepiléptico y antiviral.

A continuación se detalla la composición química de las hojas del *Persea americana* Mill y el porcentaje de contenido de sus principales compuestos, así como las propiedades terapéuticas de cada principio activo que lo constituye.

CUADRO 6-1: Principios Activos de la hoja del *Persea americana* Mill

PRINCIPIOS ACTIVOS	COMPUESTOS	PROPIEDADES
MONOTERPENOS	1S- α -pineno 1R- α -pineno L- β -pineno β -pineno	✓ Antiinflamatorio
	Sabineno	✓ Aromatizante
	p-cimeno (6,8%)	✓ Antimicrobiano ✓ Antimicótico
	Eucaliptol	✓ Antimicrobiano ✓ Antimicótico ✓ Saborizante ✓ Antiinflamatorio
	B-linalol	✓ Aromatizante ✓ Sedante ✓ Antiséptico
	Cis- β -terpineol y α -felantreno	
SESQUITERPENOS	α -humuleno	✓ Antiinflamatorio
	Cariofileno (11%)	✓ Antiinflamatorio ✓ Antimicrobiano
	Óxido de Cariofileno, Germacreno D, Nerolidol, Germacreno D-4-ol y β -cubebeno.	

FENILPROPANOS	Eugenol	✓ Antiséptico ✓ Analgésico
	Estragol (38%)	✓ Antimutagénico ✓ Saborizante ✓ Aromatizante ✓ Antiinflamatorio ✓ Antimicrobiano
	Chavicol	✓ Aromatizante
	Anetol, Chavicol-metil-éter y Eugenol-metil-éter	
ACETOGENINAS (Trazas)	✓	Antitumoral, Antimicrobiano y Anticancerígeno

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

1.1.3.3 Usos Medicinales de las Hojas de Aguacate

La riqueza de sus principios activos permite aliviar problemas digestivos (diarrea y flatulencias), problemas respiratorios (bronquitis, catarro crónico y tos), problemas cardiacos, odontalgia, problemas renales, reumatismo e inflamaciones del hígado y ovarios. Regula trastornos menstruales, la presión arterial y diabetes. Se emplea en infusión para la parasitosis intestinal. En dosis excesivas pueden provocar problemas en mujeres embarazadas ya que este presenta propiedades abortivas. Utilizado externamente trata inflamaciones de la piel, heridas, llagas y como tonificante del cuero cabelludo.

1.1.4 Palma de Coco (*Cocos nucífera* L.)

FIGURA 3-1: Cocotero



FUENTE: WIKIPEDIA.ORG - COCOTERO

1.1.4.1 Generalidades de la Palma de Coco

La palma generalmente crece cerca a los perfiles costeros de zonas tropicales, las cuales se caracterizan por un clima no árido y alta humedad; adicionalmente este tipo de cultivos se desarrollan principalmente en suelos con alto contenido de sal, es por ello que los frutos presentan una resistencia al agua salada.

En el Ecuador la mayor parte de tierras cultivadas de palma de coco se encuentran en las provincias de Esmeraldas y Manabí, con una representación del 96% de la superficie total cultivada; las áreas restantes de cultivo se localizan en las provincias de Loja y Orellana.

Variedades cultivadas en el Ecuador

En nuestro país existen dos variedades de palma de coco: criolla y manila. Las primeras se caracterizan por alcanzar grandes alturas y largos períodos de vida de 70-80 años y en algunos casos hasta 100. Además su período de producción inicia a partir de los 5 y 7 años después de ser trasplantadas y considerando además condiciones ambientales y los respectivos cuidados que requieren las plantaciones. En este tipo de variedad se establece una producción anual de 80 a 100 frutos por palmera, fijándose de 4 a 30 cocos por racimo. En cambio la variedad manila es una especie baja de palma con un tiempo de vida más corto, aproximadamente de 50 años. Su etapa de producción empieza a los 3 años, con 6 a 40 frutos por racimo, de tal manera que al año se pueden considerar de 150 a 200 cocos. Además la cosecha de los frutos en esta especie se facilita al inicio de la producción, por la reducida elevación de la palma a comparación de las criollas.

FIGURA 4-1: Variedades de Cocotero



FUENTE: CAJAS, Darwin. Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco para la producción de Sustrato Granulado.

1.1.4.2 Cocotero Variedad Alta (Criolla)

A la palma de coco también se la conoce con los siguientes nombres:

- Cotero
- Coco de agua

El cocotero desde el punto de vista botánico presenta la siguiente taxonomía:

CUADRO 7-1: Taxonomía de la Palma de Coco

✓ REINO:	Plantae
✓ CLASE:	Monocotyledoneae
✓ ORDEN:	Palmales
✓ FAMILIA:	Palmae
✓ SUBFAMILIA:	Coccosideae
✓ GÉNERO:	Cocos
✓ ESPECIE:	Cocos nucífera

REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: HERBARIO ESPOCH

Morfología del Cocotero: Variedad Criolla

La palma de coco alcanza alturas de 20-30 m, sus hojas son de gran tamaño con una longitud de 4-6 m y se encuentran aglomeradas en la copa. Además son pinnadas, colgantes y cortamente pecioladas, con peciolos cóncavos y con pinnas lanceado – lineales, acuminadas y brillantes en la cara superior. Las flores son monoicas, con 6 estambres, y se agrupan en espádices axilares. El fruto es una drupa oval monosperma, de hasta 30 cm de diámetro, con pericarpio fibroso y endocarpio óseo, con 3 huecos en la base y albumen comestible.

Aplicaciones del Cocotero: Variedad Criolla

Existen una gran variedad de aplicaciones para las diferentes partes del cocotero, por ejemplo: la madera y las hojas se utilizan como material para la construcción, adicionalmente se desarrollan aplicaciones en utensilios de uso doméstico (Ej.: escobas). El conocido vino palmero es una bebida alcohólica que se obtiene a partir de la fermentación de la savia fresca del cocotero, la misma que se utiliza por su contenido en azúcar hasta de un 15%.

Los frutos de 6 a 7 meses considerados como semi-maduros son cosechados y son una fuente alimenticia: pues usualmente se consume el agua del fruto como agua refrescante, además se puede extraer la leche contenida en la pulpa o se lleva a cabo el consumo directo de ésta, pero también de la pulpa seca del coco denominada copra se extrae el aceite de coco.

Otra de las aplicaciones consiste en la elaboración de carbón activado a partir de la cáscara dura del coco, la cual también se utiliza como combustible para el secado de la copra. Además la reducción de tamaño de la cobertura dura permite obtener material particulado que se emplea como relleno para materias plásticas, de las cuales se elaboran: botones, recipientes y otros objetos. Finalmente la fibra que rodea al fruto posee características específicas de modo que se utiliza en la industria de muebles tapizados y en la elaboración de cuerdas y cepillos; mientras que en el sector agrícola se emplea como abono orgánico o como sustituto de la turba.

1.1.4.3 Fibra de Coco

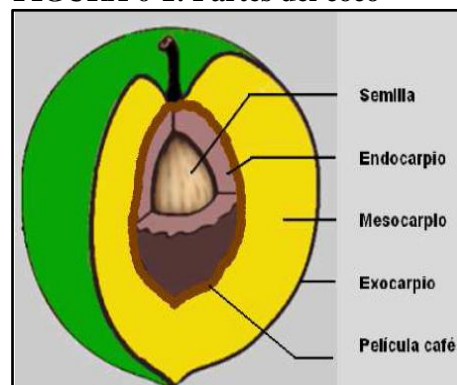
FIGURA 5-1: Fibra de Coco



FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

La fibra de coco es un material vegetal que constituye el mesocarpio o estopa del fruto de la palma, que se encuentra entre el exocarpio duro o cubierta externa, y el endocarpio o envoltura dura, que encierra la semilla.

FIGURA 6-1: Partes del coco



FUENTE: CAJAS, Darwin. Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco para la producción de Sustrato Granulado.

Características de la Fibra de Coco

✓ Físico – Mecánicas

La fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén, pita, agave y abacá. Se componen de hilos de distintas longitudes que varían desde los 150 a 350 mm, con diámetros comprendidos entre 10 a 20 μm . Son relativamente resistentes al daño por el agua salada.

TABLA 2-1: Características Físico – Mecánicas de la Fibra de Coco

DENSIDAD	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD	ELONGACIÓN
(g/cm ³)	(MPa)	(GPa)	(%)
1,25	220	6,00	15,00 – 25,00

REALIZADO POR: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: CAJAS, Darwin. Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco para la producción de Sustrato Granulado.

✓ Composición Química

Se trata de una fibra compuesta por celulosa y lignocelulosa con alto porcentaje de ceniza. Al igual que otras fibras naturales, son pálidas cuando no están maduras, pero más adelante se endurecen y toman una coloración marrón por la capa de lignina que se deposita en sus paredes. Además también existe la presencia de taninos.

TABLA 3-1: Composición Química de la Fibra de Coco

COMPOSICIÓN		(%)
Lignina		42,3
Celulosa		32,3
Pentanos		14,7
Grasa saponificables		5,1
Grasa insaponificable		0,7
Cenizas	MnO	0,195
	K ₂ O	0,059
	Na ₂ O	0,003
	SiO	0,701
Proteínas		1,2

REALIZADO POR: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: CAJAS, Darwin. Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco para la producción de Sustrato Granulado.

Usos medicinales de la Fibra de Coco

La utilización de la Fitomedicina radica especialmente en países como México, por ejemplo en lugares como Michoacán, las personas suelen consumir la infusión de fibra de coco para aliviar malestares digestivos como: empacho, acidez estomacal, diarrea e incluso también para otro tipo de molestias como la dentición. La actividad terapéutica que genera la fibra de coco en el alivio de trastornos digestivos radica en su contenido de hidrato de carbono específicamente un compuesto dentro de la clasificación de polisacáridos – fibras, que es: la celulosa, la cual a pesar de que no puede ser asimilada por nuestro organismo es una fibra dietética que ayuda a prevenir el estreñimiento, reduciendo el tiempo de eliminación de forma que los carcinógenos potenciales en los alimentos dejan el colon antes. La fibra también puede disminuir la absorción de colesterol, lo que ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares. Por otra parte se menciona que la celulosa

tiene una acción protectora contra la enfermedad diverticular, una condición donde se forman pequeñas bolsas en el colon. Además es importante mencionar que éste compuesto establece una acción equilibrada sobre el organismo por la contribución de otros compuestos como: la lignina y los taninos que presentan propiedades similares a la de la celulosa.

1.1.5 Empleo de las Propiedades Medicinales de las Plantas - Tisanas

FIGURA 7-1: Tisana



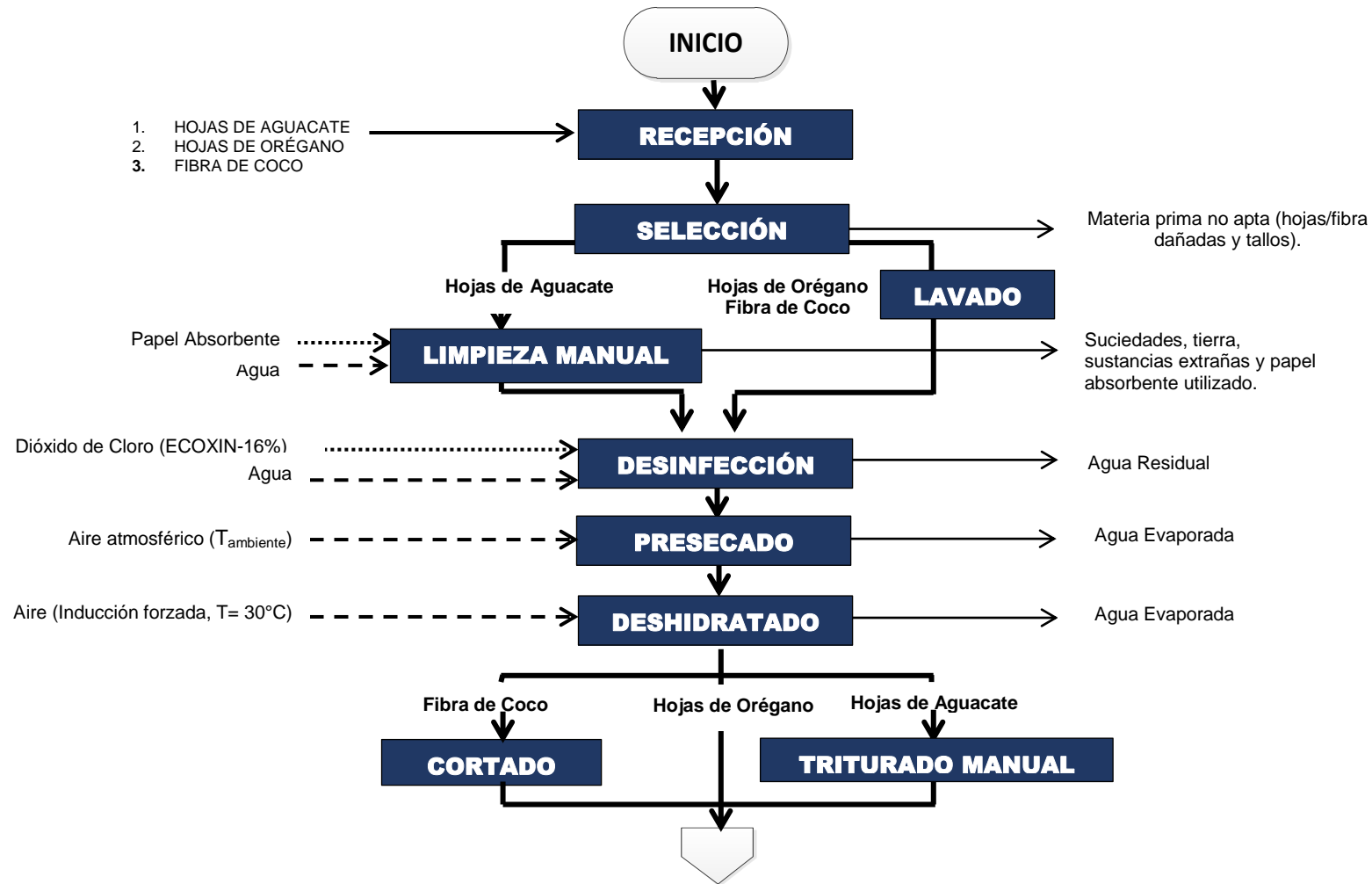
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

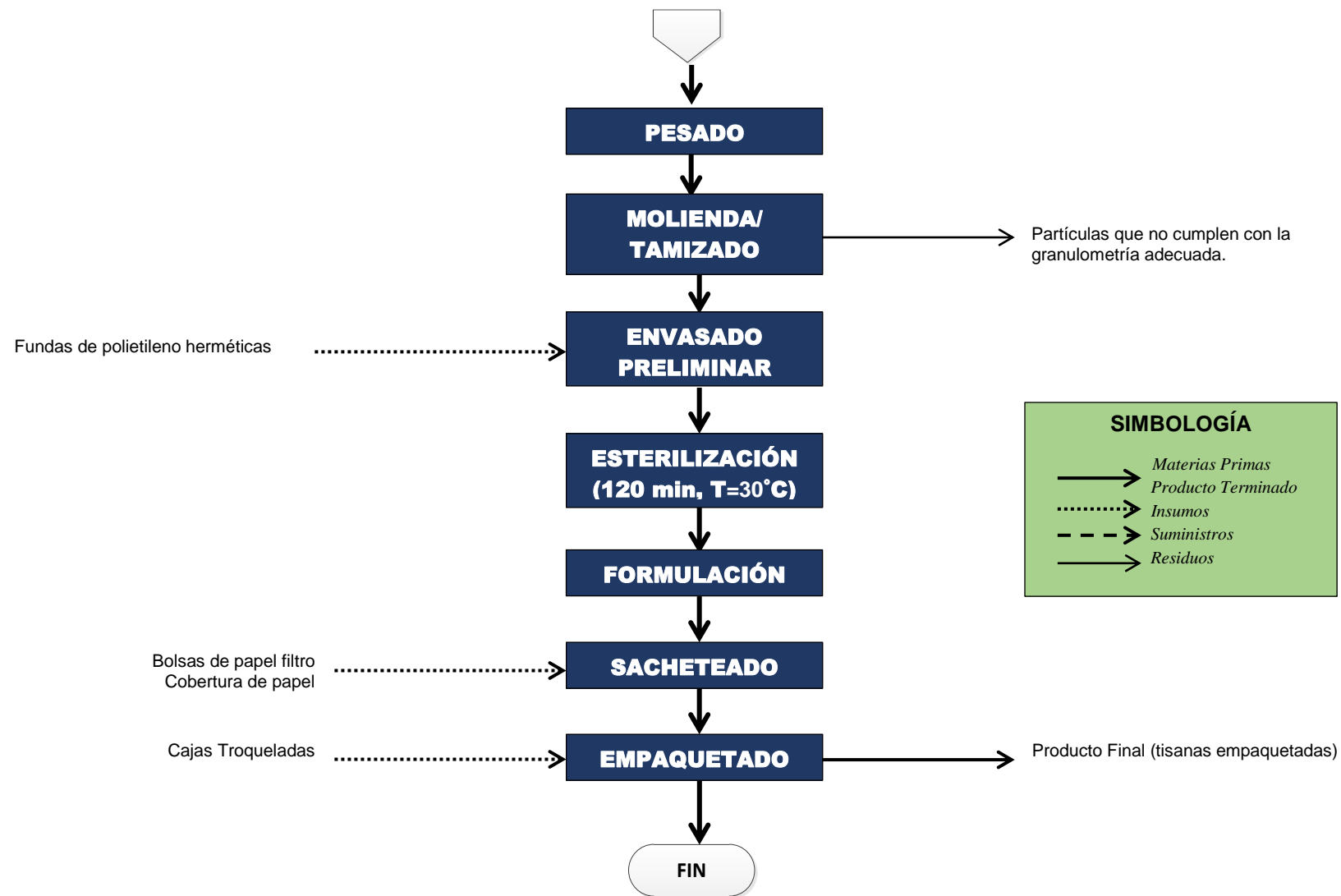
Una de las formas más habituales de aprovechar los beneficios medicinales de las partes de una planta son las tisanas. Las tisanas son productos vegetales comercializados en bolsas de papel filtro, cuya preparación consiste en la extracción de los componentes activos del material vegetal en un medio acuoso (agua caliente luego de alcanzar su punto de ebullición), por medio de una infusión instantánea. En el mercado podemos encontrar tisanas elaboradas a partir de diferentes órganos de las plantas e incluso se establecen productos en base a formulación que implican la combinación de más de una especie vegetal.

1.1.5.1 Proceso de Elaboración de Tisanas

Sin duda para que un producto llegue a las manos del consumidor atraviesa una serie de operaciones en una línea de proceso. Llevar a cabo una simulación de un proceso productivo, permite a los investigadores conocer los requerimientos para alcanzar un producto final de calidad. Por tanto para efecto del presente proyecto se detalla el proceso de elaboración de tisanas a partir de las hojas de aguacate, orégano y fibra de coco.

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE “ELABORACIÓN DE TISANAS”		
MATERIAS PRIMAS, INSUMOS Y SUMINISTROS	LINEA PRINCIPAL DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE TISANAS	RESIDUOS Y PRODUCTO FINAL





1.2 Reducción de Tamaño

El término reducción de tamaño se aplica a todas las formas en las que las partículas sólidas por medio de fractura, corte o quebrantamiento pasan de unidades de mayor tamaño a fragmentos más pequeños. Entre los tipos de reducción de tamaño están la reducción grosera, intermedia, fina y ultrafina. Tiene el objetivo de aumentar la reactividad de los sólidos tratados por medio del aumento de superficie en sus partículas, permite la separación con ayuda de métodos mecánicos de materias no deseadas ayudando de esta manera a la recuperación del material útil, reduce el tamaño del material para su fácil tratamiento y establece un control estrecho en la granulometría permitiendo la obtención de productos que satisfagan las condiciones y especificaciones requeridas.

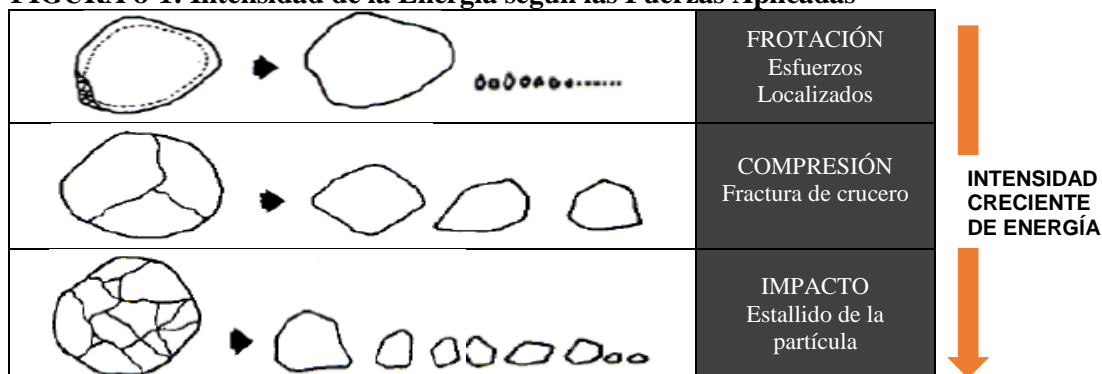
CUADRO 8-1: Tipos de Fuerzas Mecánicas aplicadas – Reducción de Tamaño

TIPO DE FUERZA APLICADA	MECANISMO DE FRACTURA	PARTÍCULAS A TRATAR	DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE PARTÍCULA
IMPACTO	Estallido por fuerzas de tracción aplicadas a alta velocidad.	Sólidos suaves e intermedios	Homogéneo
COMPRESIÓN	Por compresión o ejercer presión sobre partículas.	Sólidos duros	Partículas gruesas y algunas finas
FROTACION	Abrasión por esfuerzo cortante superficial. Disgregación del material entre dos superficies mediante fricción.	Sólidos blandos no abrasivos	Partículas finas y gruesas

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Las partículas al someterse a un proceso de reducción de tamaño liberan su energía almacenada debida a la tensión en las mismas por la aplicación de fuerzas que provocan su rotura, esta energía mientras mayor sea su intensidad más rápido se da la fractura de las partículas como indica la siguiente figura.

FIGURA 8-1: Intensidad de la Energía según las Fuerzas Aplicadas



FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

1.2.1 Mecanismo de la Reducción de Tamaño

En la reducción de tamaño las partículas sólidas de la alimentación se deforman y desarrollan tensiones por la fuerza aplicada debida a la acción mecánica de los elementos de molienda. El trabajo necesario para desarrollar dicha tensión se acumula temporalmente en el sólido como energía mecánica de tensión, a medida que se aplica mayor fuerza las partículas se distorsionan más allá de su resistencia final y violentamente se rompen en fragmentos liberando su energía y generando nuevas superficies.

En la operación de reducción de tamaño la energía se rige al siguiente mecanismo: Deformación elástica antes de la fractura esta conducta de elasticidad de las partículas se presenta cuando estas almacenan energía sin quebrarse y la liberan cuando el esfuerzo es removido, deformación no elástica que provoca la reducción de tamaño en cambio cuando la deformación no es elástica las partículas se roturan o fragmentan por la liberación de energía almacenada debida a la tensión generada por las fuerzas aplicadas, fricción entre partículas y entre éstas y el equipo, ruido, calor y vibraciones del equipo y finalmente pérdidas por rozamiento de las partículas con la maquinaria.

Es necesario recalcar que la energía requerida (trabajo necesario para provocar la rotura de las partículas producto de las fuerzas aplicadas por los elementos de molienda) para el proceso de molturación es inversamente proporcional a la granulometría de las partículas del producto, es decir que para obtener una granulometría menor se requiere un trabajo mayor por parte de los elementos de molienda, el mismo que está directamente relacionado con la velocidad de operación de dichos elementos que ocasionan la fractura de las partículas. Una velocidad bien definida permite obtener una granulometría específica en un tiempo idóneo de trabajo, dando a su vez mayor fluidez al proceso dentro de la cámara de molturación. Por tanto a mayor velocidad más pequeña es la partícula obtenida. Es decir si la fuerza aplicada es insuficiente para exceder el límite de elasticidad el material almacena la energía y al cesar la fuerza la partícula se expansiona nuevamente a su estado original sin realizar ningún trabajo útil y se genera calor sin dar lugar a ninguna reducción de tamaño, por otro lado si la fuerza es algo mayor provocará la ruptura desmedida del material.

La operación de reducción de tamaño está también en función de otros factores como: la magnitud de la fuerza mecánica aplicada, su duración y su naturaleza que puede ser compresión, impacto, frotamiento o corte.

1.2.2 Principios para la Reducción de Tamaño

1.2.2.1 Estructura Mecánica del Material

La estructura mecánica de los materiales de alimentación es un factor muy importante que puede ayudar a especificar el tipo de fuerza que requiere dicha materia para su rotura, por tanto si éstas presentan un su estructura cuantiosos planos de unión o puntos débiles entre partículas su fractura puede darse por fuerzas de compresión siendo las partículas más grandes las que se rompen fácilmente, asimismo si la materia posee en su estructura pocos planos de unión o puntos débiles entre partículas se requiere de fuerzas de impacto o frotamiento para la creación de nuevas grietas que permitan la fractura. Por otro lado si la materia presenta una estructura fibrosa necesita de fuerzas de corte previas para reducir su tamaño a partículas que puedan someterse a fuerzas de impacto siempre que éstas muestren una humedad adecuada.

1.2.2.2 Dureza del Material

Es la capacidad de un material para resistir la reducción de tamaño, depende en general de la estructura del material y la forma de su fractura. Por tanto mientras mayor sea su dureza la dificultad de reducción de tamaño se acrecienta asimismo los requerimientos de energía y tiempos de residencia en la molturación. Ésta junto a la fuerza aplicada en la operación generan el llamado desgaste del molino ya sea por abrasión o erosión, sin embargo un diseño que se integre activamente con el mecanismo de reducción de tamaño y la utilización de materiales resistentes en la construcción de un equipo permiten mejorar su mantenimiento y reducir tiempos improductivos.

1.2.2.3 Humedad del Material

La humedad es un factor muy importante que permite facilitar la operación de reducción de tamaño, trabajando con valores de humedad adecuados según el tipo de material la molienda puede llevarse a cabo satisfactoriamente, si se encuentra fuera de los límites definidos de humedad puede provocar un embotamiento del molino y la aglomeración del producto, aumentando el tiempo de residencia en la molturación, impidiendo una fluidez libre del producto y afectando a la producción final esperada.

1.2.3 Grado de Desintegración

Según Walter Duda en su obra Manual Tecnológico de Cemento, el Grado de Desintegración, puede ser expresado refiriéndose al tamaño promedio de las partículas como una relación adimensional del diámetro promedio del material antes de su subdivisión, y del diámetro promedio del material sometido a la operación de reducción de tamaño. En consecuencia el valor de n está representado por:

$$n = \frac{D_{ma}}{d_{ma}} \quad \text{Ec. (1.1)}$$

DONDE:

D_{ma} : Diámetro promedio del tamaño de partículas de la alimentación (m).

d_{ma} : Diámetro promedio del tamaño de partículas de la descarga (m).

1.2.4 Métodos de Operación de los Equipos de Reducción de Tamaño

Existen dos métodos distintos para alimentar un equipo de reducción de tamaño. El primero se denomina MOLTURACIÓN LIBRE este consiste en introducir en el equipo el material a una velocidad de alimentación baja de manera que el producto puede salir con facilidad, tiene la ventaja de operar en un tiempo de residencia corto, evitar la producción de cantidades apreciables de material de tamaño excesivamente pequeño (finos) y sobrecargas de alimentación que pueden obstruir la molturación provocando daños al equipo.

El segundo método se denomina ALIMENTACIÓN ESTRANGULADA, en este caso la máquina se mantiene completamente llena de material, es decir trabaja por lotes regulándose la descarga del producto de forma que el material permanezca en la máquina durante un período de tiempo de residencia mas largo, esto origina un grado de trituración más elevado, pero la capacidad de la máquina se reduce y el consumo de energía es más elevado debido a la acción de amortiguamiento producida por el producto acumulado. Por tanto este método se utiliza únicamente cuando debe tratarse una cantidad de material relativamente pequeña y cuando se desea llevar a cabo toda la reducción de tamaño en una sola operación.

1.2.5 Equipos para la Reducción de Tamaño

Los equipos utilizados para la reducción de tamaño se clasifican generalmente en: Trituradores (Quebrantadores), Molinos Intermedios, Finos y Ultrafinos y Máquinas de corte.

Además pueden tipificarse según la granulometría a la que trabajan tanto para partículas de alimentación como partículas del producto.

TABLA 4-1: Equipos de Reducción de Tamaño según su Granulometría

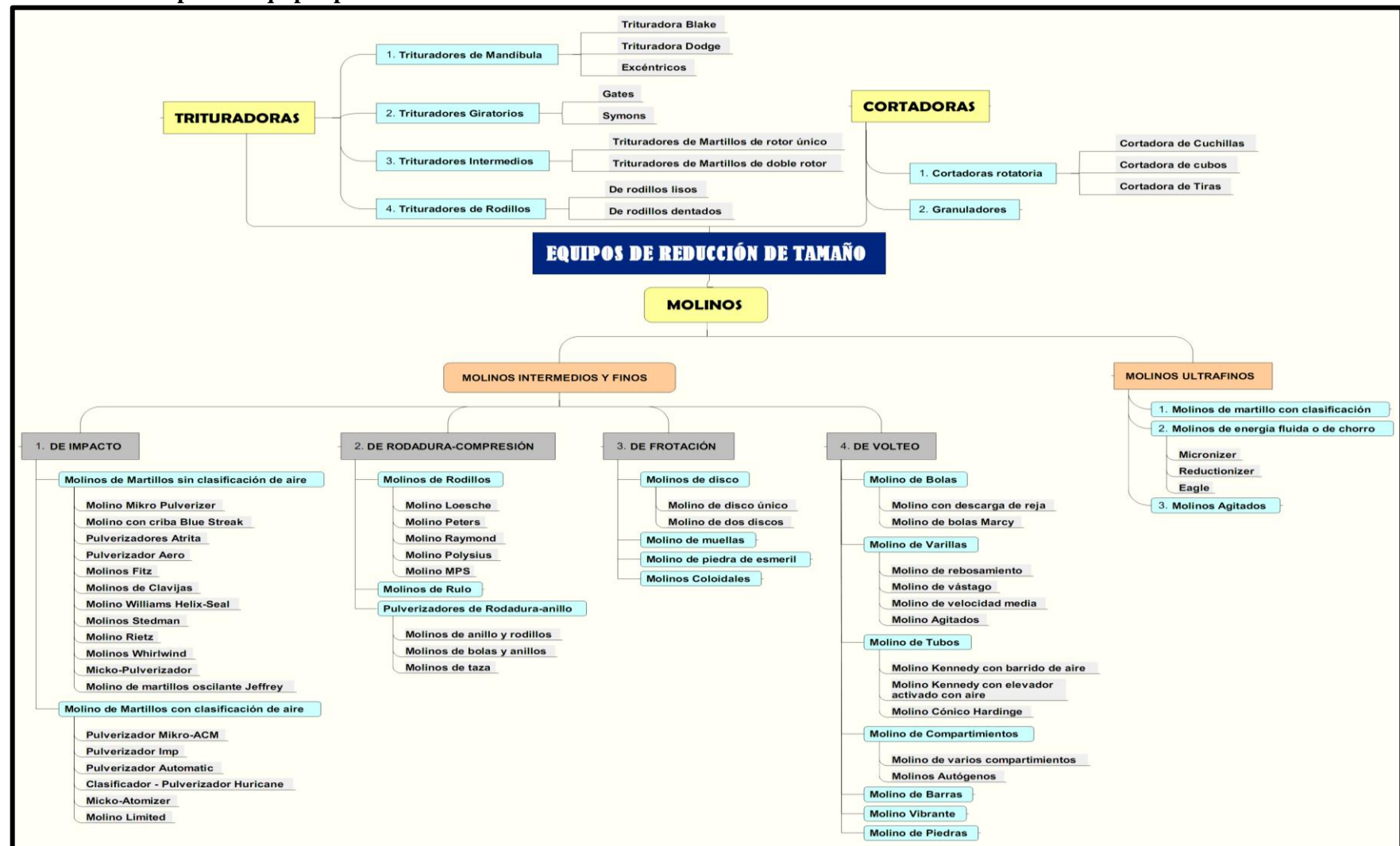
EQUIPOS	GRANULOMETRÍA DE LA ALIMENTACIÓN	GRANULOMETRÍA DEL PRODUCTO
TRITURADORES	1500-40 mm	50-5 mm
MOLINOS INTERMEDIOS	50-5 mm	5-0,1 mm
MOLINOS FINOS	5-2 mm	0,1 mm
MOLINOS ULTRAFINOS	0,2 mm	Hasta 0,01 μm

REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: COULSON, J. M. et al. Ingeniería Química. Operaciones Básicas. Unidades SI.

A continuación se detalla la clasificación de los equipos de reducción de tamaño especificada y algunos de los modelos que se encuentran en el mercado según su categoría.

FIGURA 9-1: Tipos de Equipos para la Reducción del Tamaño



REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

1.2.5.1 Descripción de los Equipos de Reducción de Tamaño

✓ Los Trituradores

Son máquinas de baja velocidad, se encargan de realizar el trabajo pesado de romper grandes piezas de sólidos en pequeños fragmentos, se utilizan principalmente para la molturación de materiales duros. Pueden utilizarse en serie como trituradores primarios para obtener fragmentos de 6 a 10 pulg (150 a 250 mm), seguidos de trituradores secundario que reducen estos fragmentos a partículas de 1/4 pulg (6 mm). Tienen aplicaciones principalmente en la industria del cemento.

✓ Las Cortadoras

Producen partículas de forma y tamaño definidos, con una longitud de 2 a 10 mm, son empleadas principalmente para aquellos materiales que necesitan de cortes sucesivos para su tratamiento. Tienen aplicaciones en variadas industrias entre ellas se encuentra la manufactura del plástico y del caucho.

✓ Los Molinos

Se utilizan para describir una gran variedades de máquinas de reducción de tamaño para servicio intermedio, fino y ultrafino, entre los más frecuentes se encuentran:

CUADRO 9-1: Características de los diferentes Tipos de Molinos

TIPO DE MOLIENDA	TIPO DE MOLINO	CARACTERÍSTICAS DEL MOLINO	APLICACIÓN
MOLIENDA INTERMEDIA Y FINA	MOLINOS DE VOLTEO	Trabajan con medios de molienda como bolas o barras, son considerados molinos gravitatorios. Operan en circuito abierto o cerrado y en procesos continuos y por cargas. Requieren de largos tiempos de molienda. Trabajan mejor con molienda húmeda. Se utilizan para capacidades de producción elevadas.	Son utilizados para la industria minera, molturación de productos de silicato, fertilizantes, metales negros y no ferrosos, materiales de construcción, vidrio, cerámica, productos oxidables y explosivos.
	MOLINOS DE RODADURA-COMPRESIÓN	Utilizan uno o varios medios rodantes que giran a la misma dirección para efectuar la molturación de partículas por medio de fuerzas de compresión y corte. Su capacidad de producción es a gran escala. No son aptos para generar la molturación en una sola etapa.	Su aplicación es principalmente para la molienda de clinker de cemento, piedra caliza y carbón. Además son utilizados en la industria de alimentos.

	MOLINOS DE FROTAMIENTO	Permiten realizar otras operaciones adicionales como el troceado, granulación, desmenuzamiento, mezclado y secado, debido a que poseen variados elementos sobre sus discos. Operan con requerimientos altos de potencia y capacidades de producción limitadas. Algunos equipos demandan la inducción de un fluido. Su utilización depende del material de sus discos.	Tienen aplicación principalmente para materiales sensibles a la temperatura, materiales orgánicos resistentes, materiales suaves (yeso, talco), almidón y polvos insecticidas.
	MOLINOS DE IMPACTO	Tienen la función de desintegrar y pulverizar ya sea materiales de dureza intermedia o suave con ayuda de martillos como sus elementos de molienda. Funcionan con altas velocidades y niveles altos de potencia. Algunos equipos trabajan en combinación con la operación de tamizado generando variadas granulometrías. Trabajan generalmente con capacidades de producción elevadas.	Su aplicación para la molienda fina se limita a materiales como cereales secos, hojas deshidratadas y materiales no abrasivos. Para el caso de la molienda intermedia puede tratar pastas blandas y húmedas, cuero, arcillas plásticas, productos químicos y minerales.
MOLIENDA ULTRAFINA	MOLINOS ULTRAFINOS	Su trabajo se efectúa por impacto a altas velocidades y por inducción de fluidos como el aire. Trabajan a pequeña escala o para uso en laboratorio. Pueden obtener productos con partículas muy finas, las cuales son de orden de micrones.	Se utiliza principalmente para la molienda fina de materiales suaves, semiduros y blandos, teniendo aplicación principalmente en las industrias farmacéuticas, de alimentos, cosmética y de químicos.

REALIZADO POR: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015.

1.2.5.2 Tipos de Molinos utilizados para la Molienda de Materiales Friables y Fibrosos

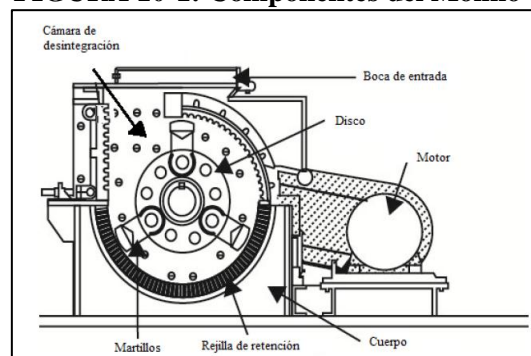
Los factores que intervienen en la selección o diseño de un equipo de reducción de tamaño son principalmente la naturaleza o estado físico del material a tratar (tamaño, dureza, humedad y estructura mecánica), la capacidad de producción con la que se desea trabajar, la granulometría resultante según el producto a elaborar y los costos de producción. Por ello es necesario conocer los tipos de molinos de interés, la granulometría a la que trabajan y la materia prima que pueden tratar.

Los materiales con características de friabilidad (facilidad de fractura) como las hojas deshidratadas y de fibrosidad como la fibra de coco, pueden unificarse para la elección de un molino, ya que a una humedad definida y granulometría adecuada pueden desintegrarse por el mismo mecanismo de molienda.

Para efecto del presente proyecto se descarta el estudio de los equipos de trituración, molinos de volteo, molinos de frotación y de rodadura-compresión debido a que sus características y aplicaciones antes mencionadas son discordantes con el material a tratar y con el producto que se desea obtener, por tanto nos centraremos en el estudio de los molinos de martillo y los molinos ultrafinos específicamente los micronizadores. En las industrias que procesan hierbas aromáticas comúnmente utilizan los molinos de martillos para sus operaciones de molienda, pero estos en el mercado se encuentran generalmente para capacidades de producción altas, por esta razón para el diseño del equipo de reducción de tamaño a realizar en el presente proyecto se considera los molinos micronizadores ya que estos presentan capacidades de producción a pequeña escala y un mecanismo de molienda parecido al de los molinos de martillos adicionalmente con ciertas ventajas que mejoran la operación de molienda.

✓ Molinos de Impacto: Molino de Martillos

FIGURA 10-1: Componentes del Molino de Martillos



FUENTE: TYMSA Trituración y Molienda

Funcionamiento del Molino de Martillos

La finalidad del molino de martillos es desintegrar y pulverizar la materia prima introducida en él, por medio de una serie de martillos acoplados a un disco rotor que gira a alta velocidad. Durante su funcionamiento el material ingresa por la parte superior de la tolva de carga y cae por gravedad, una vez que entra en la cámara de molienda el material se rompe por el impacto de los martillos debido a la velocidad del rotor y la fuerza centrífuga y se pulveriza al pasar por la estrecha abertura entre los martillos y la coraza, posteriormente es impulsado a la descarga por una criba (fija o intercambiable) que sirve como clasificador interno, es decir como separador de partículas que superan el tamaño requerido permitiendo su retorno a la cámara de molienda en forma continua hasta que lleguen a una granulometría apta para que pasen por la criba, evitando de esta manera la molienda excesiva y la generación de partículas finas.

Tanto la capacidad de producción como el consumo de energía de un molino de martillos dependen de la naturaleza de la alimentación. La granulometría del producto en este tipo de molinos se controla mediante varios factores como: la velocidad del rotor, la velocidad de alimentación, la abertura entre los martillos y la placa de molienda, la cantidad y el tipo de martillos utilizados y el tamaño de las aberturas de descarga.

CUADRO 10-1: Características del Molino de Martillos

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	NATURALEZA DEL MATERIAL ALIMENTACIÓN	TAMAÑO DE PARTÍCULAS		
		ALIMENTACIÓN	DESCARGA	
			MOLIENDA INTERMEDIA	MOLIENDA FINA
Molinos industriales: 0,1-15 Ton/h Molinos comerciales: 100-400 Lb/h	Dureza del 1,5 o menos y naturaleza no abrasiva.	2 cm (3/4 in), depende de la tolva de alimentación.	Producto capaz de atravesar totalmente una malla de No. 20	Producto capaz de atravesar totalmente una malla de No. 200

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Ventajas del Molino de Martillos

- Son molinos de alta velocidad periférica.
- Posee facilidad de operación y limpieza.
- Se manejan con bajos costos de mantenimiento.
- Pueden trabajar con sistemas incorporados de clasificación interna en circuito cerrado.
- No produce exagerada contaminación auditiva.
- Su estructura mecánica presenta simplicidad, versatilidad y durabilidad.
- Puede tratar mezclas como alimentación.

Desventajas del Molino de Martillos

- Trabajan con capacidades de producción limitadas generalmente a gran escala.
- Requerimientos altos de potencia.
- Tienen un elevado costo de adquisición.
- Elevadas temperaturas en la cámara de molienda.
- Existen variados prototipos sofisticados para uso de laboratorio en el mercado, sin embargo sus costo son muy elevados.

✓ *Molinos Ultrafinos: Micronizadores*

Funcionamiento del Molino Micronizador

El Molino Micronizador opera en molienda fina y ultrafina generalmente a pequeña escala. Está constituido por dos rotores en los cuales se acoplan un conjunto de elementos de molienda (pines), dichos rotores son uno de tipo estático y otro rotativo, además consta de una criba o tamiz incorporado en el interior de la cámara de molienda que permite clasificar las partículas reteniendo aquellas cuya granulometría exceden la abertura de malla de la criba permitiendo que éstas sigan en el proceso hasta que alcancen el tamaño adecuado para su descarga, asimismo permite establecer el tamaño de partícula que se desea obtener por medio del número de malla de la criba.

El molino Micronizador se caracteriza por utilizar para su mecanismo de molturación flujos de aire continuos con la finalidad de darle mayor fluidez al proceso de molienda, este puede ser inducido ya sea por un ventilador o por orificios ubicados estratégicamente en la estructura del equipo. En su funcionamiento el material introducido en la tolva de carga ingresa por gravedad a la cámara de molienda en donde gracias al ingreso continuo del flujo de aire a su interior debido a la fuerza centrífuga generada por el rotor giratorio el cual trabaja a velocidades altas, las partículas son impactadas solamente por los elementos de molienda más no por las paredes de los rotores, debido a que la fuerza centrífuga dirige el aire el cual arrastra las partículas en dirección tangencial a los elementos de molienda hasta que alcancen la granulometría adecuada para su paso por el tamiz, agilizando de esta manera la fractura uniforme de las partículas y evitando pérdidas por materiales retenidos, una vez que las partículas atraviesan el tamiz se dirigen junto con el aire el cual acelera la evacuación de las mismas a la descarga la cual está conectada a una manga que se encarga de llevar el producto asépticamente a su posterior proceso o recipiente contenedor.

El flujo de aire que ingresa al molino está en función de la velocidad de rotación del rotor giratorio y del ángulo geométrico que tengan los elementos de molienda, los cuales permiten llevar el aire necesario para agilizar el proceso de molienda y facilitar la descarga de productos.

La micronización de las partículas se genera por colisión de éstas con los elementos de molienda debido a la acción simultánea de tres fuerzas sobre el material: fuerza gravitacional, fuerza centrífuga y fuerza de impacto. La velocidad de alimentación debe ser mayor a medida que aumenta la capacidad de la cámara de molturación, para lograr un buen funcionamiento del equipo Micronizador.

CUADRO 11-1: Características del Molino Micronizador

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	NATURALEZA DEL MATERIAL ALIMENTACIÓN	TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
		ALIMENTACIÓN	DESCARGA
Capacidad de producción de 20-5000 Kg/h	Materiales de dureza suave e intermedia, naturaleza blanda y no abrasiva.	Partículas de tamaños que oscilan entre los 500-1000 μm .	Partículas de tamaños que oscilan entre los 0,5-10 μm .

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

El producto obtenido en el equipo Micronizador depende principalmente de la apertura del tamiz o criba incorporado en la cámara del molino, además de otros factores como la velocidad del rotor y la velocidad de alimentación. Por ejemplo a velocidades más altas se utiliza una malla del tamiz más pequeña, asimismo a mayor número de martillos dan como resultado una granulometría más pequeña. Este molino tiene alta adaptabilidad a la producción de materiales que van desde granulares hasta partículas súper finas, debido a las variantes de sus componentes interiores como: rotor, estator y anillo.

CUADRO 12-1: Componentes Internos para Molino Micronizador

	ROTOR	ESTATOR	ANILLO
TIPO CLAVO			
TIPO PIN			
TIPO CUCHILLAS			

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: MILL POWER TECH

Ventajas del Molino Micronizador

- Su estructura mecánica facilita las labores de mantenimiento ayudando a disminuir tiempos improductivos a bajos costos.
- Pueden trabajar con sistemas incorporados de clasificación interna de partículas en circuito cerrado.
- Genera productos homogéneos.

- Presenta poca variabilidad en el proceso de molienda favoreciendo la calidad del producto final.
- Su mecanismo de molienda permite incrementar la superficie de las partículas provocando en ellas una mayor reactividad.
- Poseen sistemas contruidos con precisión y diseñados para una vida útil prolongada.
- Son molinos de alta velocidad periférica.
- Trabajan con cribas intercambiables incorporadas en la cámara del molino, presentando una amplia gama de granulometría en la descarga.
- Son de fácil operación y limpieza.
- No produce exagerada contaminación auditiva en su operación.
- Su estructura mecánica presenta simplicidad, versatilidad y durabilidad.
- Presenta bajo calentamiento de la cámara del molino.
- Tiene un amplio rango de aplicaciones, incluyen los procesos estériles.
- Posee una conexión perfectamente sellada entre la descarga y el dispositivo de recepción del producto por el cual se evita desprendimiento de polvo y la exposición del producto a los operarios y al ambiente.
- Mínima pérdida del producto.
- Garantiza la estadía cuantitativa máxima de los componentes (principios activos) de los materiales tratados conservando su estabilidad y calidad en todo el proceso.
- Sus costos de adquisición son menores comparados al de los molinos de martillos.

Modelos de Equipos Micronizadores ofertados en el Mercado y sus Aplicaciones

CUADRO 13-1: Micronizadores ofertados y sus Aplicaciones

MODELOS DE EQUIPO		
PIN MILL/MICRONIZADOR		
		
MODELO PM-1	MODELO PM-3-C	MODELO PM-3-A
Utilizado para la Industria Farmacológica, Química y principalmente para la Industria Alimenticia.	Su utilización se limita para productos cosmetológicos.	Su utilización es exclusiva para la Industria del azúcar.

HAMMER MILL/MICRONIZADOR A MARTILLOS	
 <p>MODELO ÚNICO</p>	
Se utiliza para el tratamiento de materiales como vidrio, plástico, químicos, piedra mineral, excepto materiales aceitosos, pegajosos y fibrosos.	
TURBO MILL/MICRONIZADOR	
 <p>MODELO ÚNICO</p>	
Se utiliza principalmente para materiales duros, elásticos, reciclables y sensibles al calor.	
IMPACT CLASSIFIED MILL/MICRONIZADOR CLASIFICADOR A IMPACTO	
 <p>MODELO I</p>	 <p>MODELO II</p>
Se utiliza para la molienda de especias, químicos, materia orgánica e inorgánica.	Se utiliza principalmente para el tratamiento del cartílago del tiburón y escamas de pescado.

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015
FUENTE: MILL POWER TECH

Según los modelos existentes en el mercado el PIN MILL/Micronizador modelo PM-1, se ajusta más a las condiciones requeridas para la materia prima a tratar (hojas y fibra de coco deshidratadas), por tal motivo se especifican las aplicaciones y especificaciones de este molino para poder comparar con los datos considerados y resultados obtenidos en el diseño del equipo a realizar, para asegurar un correcto funcionamiento del equipo.

Especificaciones del Molino Micronizador Modelo PM-1

TABLA 5-1: Especificaciones Técnicas de Micronizadores

APLICACIÓN	MODELO	POTENCIA HP	RPM	CAPACIDAD (kg/hr)
FINO GMP ESTANDARD	PM-3-A	5	5000-7500	100-200
	PM-4-A	10	4500-6500	200-300
FINO DE ALIMENTOS QUÍMICOS	PM-1	2	3500	20-50
	PM-3	5	3500	80-250
	PM-4	7 1/2	3150	100-300
	PM-5	15-20	3000	150-500
	PM-6	30-40	2900	300-900
	PM-7	50-60	2700	500-2000
FINO DE COSMETICO	PM-3-C	7 1/2HP	3500	200-300

FUENTE: MILL POWER TECH

Los parámetros seleccionados indican que molinos similares trabajar usando velocidades de hasta 3500 rpm, 2 Hp de Potencia y 20-50 Kg/h, por tanto es importante recalcar que la selección de la capacidad de diseño de 25 Kg/h es adecuada para el molino planteado, además estos valores permiten comparar con los datos calculados para verificar el correcto funcionamiento del Molino Micronizador.

Aplicaciones del Molino Micronizador Modelo PM-1

- Productos Alimenticios: sal, arroz, avena, germen, azúcar, xilitol, cebada, fécula, trigo, soya, cereales, vegetales.
- Productos Farmacéuticos: fibras, hierbas, píldoras, medicinas, polisacáridos, colágeno, agar, antibióticos, levaduras, tallos, etc.

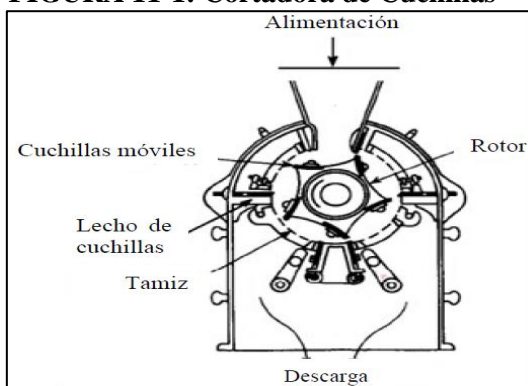
✓ Cortadoras

La fibra de coco al presentar tamaños extremadamente grandes, para su utilización directa en un proceso de molienda ultrafina debe tratarse primeramente en una operación que permita reducir su tamaño inicial a una granulometría adecuada que facilite el proceso de molturación y permita obtener además partículas de tamaño homogéneo, para lo cual debe someterse a la acción de una cortadora la cual generalmente se presenta de tipo rotatorio, cuya acción se basa en cortes sucesivos mismos que son más efectivos para materiales fibrosos que en lugar de ejercer fuerzas de impacto, compresión o rozamiento para provocar su rotura. Esta operación es más recomendable utilizarla para una producción industrial, a pequeña escala se la puede realizar manualmente.

Cortadoras Rotatorias

Este equipo consta de una amplia cámara de corte en la cual se encuentra en su centro un eje que porta las cuchillas distribuidas uniformemente en toda su longitud, puede operar tanto vertical como horizontalmente, sus cuchillas pueden ubicarse perpendicularmente o tener un ángulo de inclinación con el eje. Entre las cortadoras más utilizadas están las de CUCHILLAS.

FIGURA 11-1: Cortadora de Cuchillas



FUENTE: SCRIBD.COM-MOLINOS

Cortadoras de Cuchillas

La cámara de molienda de una cortadora de cuchillas consta de un rotor que gira a velocidades específicas, además de 2 a 12 cuchillas acopladas al rotor y 1 a 7 cuchillas estacionarias. En su funcionamiento las partículas entran en la tolva de alimentación y por gravedad caen a la cámara de molienda para someterse a cortes sucesivos para ser posteriormente expulsados a la descarga.

1.2.6 Tamizado

El siguiente proceso de la reducción de tamaño es el tamizado que permite clasificar las partículas producto de la molienda, se considera un método de separación de partículas basado exclusivamente en el tamaño de las mismas. En el tamizado los sólidos se sitúan sobre la superficie del tamiz, las partículas de menor tamaño pasan a través del tamiz, mientras que los de mayor tamaño se retienen. Un solo tamiz puede realizar una separación en dos fracciones, dichas fracciones se dice que no están dimensionadas, ya que si bien se conocen los límites superior o inferior de los tamaños de partícula de cada una de las fracciones, no se conocen los demás límites de tamaños.

El material que se hace pasar a través de una serie de tamices de diferentes tamaños se separa en fracciones clasificadas por tamaños, es decir, fracciones en las que se conocen los tamaños máximo y mínimo de las partículas. Ocasionalmente el tamizado se realiza en húmedo, si bien, lo más frecuente es operar en seco.

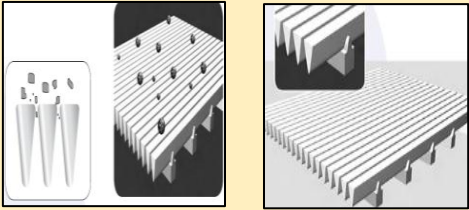
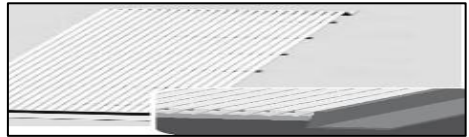

Los tamices industriales se construyen con tela metálica, telas de seda o plástico, barras metálicas, placas metálicas perforadas, o alambres de sección transversal triangular. Se utilizan diferentes metales, siendo el acero al carbono y el acero inoxidable los más frecuentes. Los tamaños de los tamices normalizados están comprendidos entre 4 plg y 400 mallas, y se dispone de tamices comerciales de tela metálica con aberturas tan pequeñas como 1 μm . Los tamices más finos, aproximadamente de 150 mallas, no se utilizan habitualmente debido a que con partículas muy finas generalmente resultan más económicos otros métodos de separación. La separación en el intervalo de tamaños entre 4 y 48 mallas recibe el nombre de tamizado fino y para tamaños inferiores a 48 mallas el tamizado se considera ultrafino.

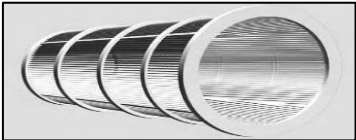
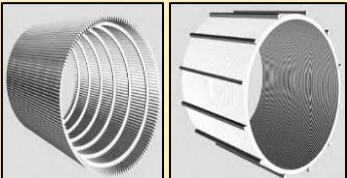
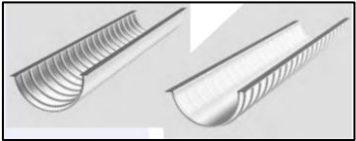
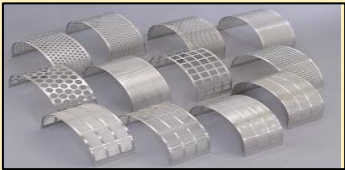
Los tamices o cribas se utilizan industrialmente en gran escala para la separación de partículas y para homogenizar el tamaño de las mismas, y en pequeña escala para la producción de materiales de muy estrecha distribución de tamaños y para llevar a cabo análisis granulométricos.

1.2.6.1 *Clasificación de Tamices*

Una extensa colección de tipos y tamaños de tamices se adaptan a todos los requerimientos de granulometría. Esta variabilidad se debe principalmente a las dimensiones del tamiz y a la forma y diámetro de sus perforaciones, las cuales se pueden presentar redondas o cuadradas, con ranuras diagonales o verticales y con malla de alambre.

CUADRO 14-1: CLASIFICACIÓN DE TAMICES

CLASIFICACIÓN	GENERALIDAD/FIGURA	CARACTERÍSTICAS
TAMICES RANURADOS SOLDADOS		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacidad de recibir grandes cargas. ✓ Baja susceptibilidad de los agujeros a cegarse. ✓ Superficie perfectamente lisa y regular. ✓ Alta precisión de producción. ✓ Gran eficacia y precisión de separación y deshidratación. ✓ Dimensiones exactas de las ranuras. ✓ Reducen los costes relacionados con la explotación de dispositivos.
TAMICES PERFORADOS		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Alta resistencia. ✓ Bajo coeficiente de la superficie abierta. ✓ Altos costes de producción de los tamices para separación de elementos finos. ✓ Tienden sus agujeros a cegarse.
TAMICES DE TELA METÁLICA		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Periodo más corto de exposición debido a la interacción mutua de dos superficies, la que causa una abrasión más rápida de los tamices. ✓ Superficie irregular por la cual se produce un proceso de turbulencia. ✓ Altos costes de adquisición por recambios frecuentes de elementos gastados. ✓ Funcionan en la mayoría de los casos en un sistema doble: el tamiz portador con el tamiz de clasificación.
TAMICES PLANOS		<p>Según su utilización los tamices planos se dividen en tres categorías:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Los que funcionan en sistemas dinámicos. ✓ Los que funcionan en sistemas estáticos ✓ Los que funcionan en sistemas especiales con alambres perfilados soldados a los de suspensión, manteniendo el ángulo adecuado.
TAMICES CURVADOS		<ul style="list-style-type: none"> ✓ La utilización del tamiz curvado en sistemas estáticos causa: entrada uniforme en el tamiz (la utilización de la superficie entera del tamiz), alta velocidad del flujo en el tamiz y efectividad aumentada de la clasificación.

TAMICES CÓNICOS		Los tamices cónicos a nivel industrial son utilizados principalmente para todos los tipos de centrífugas.
TAMICES CILÍNDRICOS		Los tamices cilíndricos se presentan con ranuras paralelas o periféricas al eje con respecto a la entrada interna y externa.
TAMICES DE CANALÓN		Son utilizados en fondos de transportadores de tornillo sin fin, donde, además del transporte, es necesaria también la tecnología de deshidratación o separación.
TAMICES DE ROLLO		Son tamices que pueden ser acoplados a aros de acero inoxidable. El tamiz con perforaciones circulares es más fuerte y presenta una gama muy variada de número de mallas, se utilizan para materiales fiabes y fibrosos, para suspensiones se limita a los de número de malla alto para evitar su atascamiento. El tamiz cuadrículado se utiliza para materiales cristalinos frágiles.

REALIZADO POR: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: GEDAR – PERFILES – TAMICES

1.2.6.2 Tamaño de Partículas en el Tamizado

Diámetro medio de la mezcla de partículas de diversos tamaños en una muestra

Generalmente el material particulado antes y después de un proceso de molienda y tamizado no establece un valor específico de tamaño para el conjunto de partículas, por ello se realiza la técnica de tamizaje, mediante la utilización de una serie de tamices requeridos, los mismos que se encuentran en un rango de abertura como lo muestra la siguiente tabla:

TABLA 6-1: Apertura de Malla de Tamices Estándar

TAMAÑO O NÚMERO DE TAMIZ	APERTURA DEL TAMIZ	
	Estándar	Alternativo (in)
No 3-½	5,6 mm	0,223
No 4	4,75 mm	0,187
No 5	4,00 mm	0,157
No 6	3,35 mm	0,132
No 7	2,80 mm	0,111
No 8	2,36 mm	0,0937
No 10	2,00 mm	0,0787
No 12	1,70 mm	0,0661
No 14	1,40 mm	0,0555
No 16	1,18 mm	0,0469
No 18	1,00 mm	0,0394
No 20	850 µm	0,0331
No 25	710 µm	0,0278
No 30	600 µm	0,0234
No 35	500 µm	0,0197
No 40	425 µm	0,0165
No 45	355 µm	0,0139
No 50	300 µm	0,0117
No 60	250 µm	0,0098
No 70	212 µm	0,0083
No 80	180 µm	0,0070
No 100	150 µm	0,0059
No 120	125 µm	0,0049
No 140	106 µm	0,0041
No 170	90 µm	0,0035
No 200	75 µm	0,0029
No 230	63 µm	0,0025
No 270	53 µm	0,0021
No 325	45 µm	0,0017
No 400	38 µm	0,0015

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: ALIBABA - PRUEBA DE TAMIZ ESTÁNDAR

Por otra parte, se considera el tamaño medio del tamiz d_{tam} como la media aritmética entre la apertura del tamiz que deja pasar las partículas y el tamiz en el cual se retienen, cuyo cálculo se establece con la siguiente ecuación:

$$d_{tam} = \frac{d_{tam\ máx} + d_{tam\ mín}}{2} \quad Ec. (1.2)$$

DONDE:

d_{tam} : Diámetro aritmético del tamiz (μm).

$d_{tam\ máx}$: Diámetro del tamiz por el que pasan las partículas (μm).

$d_{tam\ mín}$: Diámetro del tamiz en el cual se retienen las partículas (μm).

Consecuentemente se establecen:

✓ Para partículas irregulares sin alguna dimensión más larga o más corta:

$$d_{mp} \cong \phi d_{tam} \quad \text{Ec. (1.3)}$$

DONDE:

d_{tam} : Diámetro aritmético del tamiz (μm).

d_{mp} : Diámetro medio de partículas del fragmento (i) (μm).

ϕ : Esfericidad.

A continuación se muestra los valores de la esfericidad para diversas formas familiares de partículas:

Tabla 1.2.3.2-2: Esfericidad de Partículas

FORMA DE LA PARTÍCULA	ESFERICIDAD ϕ
ESFERA	1,00
CUBO	0,81
CILINDROS	
h=d	0,87
h=5d	0,70
h=10d	0,58
Discos	
h= d/3	0,76
h= d/6	0,60
h= d/10	0,47
Arena de playa	Tan alta como 0,86
Arena de río	Tan baja como 0,53
Distintos tipos de arena	0,75
Sólidos triturados	0,5-0,7
Partículas granulares	0,7-0,8
Trigo	0,85
Anillos rasching	0,26-0,53
Sillas Berl	0,30-0,37
Sillas de níquel	0,14

REALIZADO POR: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FUENTE: Datos tomados de Brown (1950) y de consideraciones geométricas.

✓ Para partículas irregulares con alguna dimensión más larga, pero que la razón longitudinal no exceda 2:1, se establece la siguiente equivalencia:

$$d_{mp} \cong d_{tam} \quad \text{Ec. (1.4)}$$

Finalmente se establece el diámetro medio en masa para el conjunto de partículas de una muestra, al aplicar la sumatoria del producto entre la fracción másica del fragmento (i) y el diámetro medio de la fracción de partículas del fragmento (i).

$$\bar{d}_w = \sum_{i=1}^N x_i d_{mpi} \quad \text{Ec. (1.5)}$$

DONDE:

\bar{d}_w : Diámetro promedio de las partículas de la muestra (μm).

x_i : Fracción másica de las partículas del fragmento (i).

d_{mpi} : Diámetro medio de las partículas del fragmento (i) (μm).

1.2.7. Análisis Cuantitativo de Investigación

La investigación cuantitativa establece los lineamientos para desarrollar un análisis con una finalidad específica, de una población en estudio respecto a un tema previamente establecido, examinando una parte de ella denominada muestra.

1.2.7.1. Estadística Descriptiva

La estadística descriptiva o deductiva trata del recuento, ordenación y clasificación de los datos obtenidos en las observaciones. Para reducir la información se basa en la construcción de tablas y se representa mediante gráficos.

1.2.7.2. Estadística Inferencial

La inferencia estadística es una técnica por la cual se deducen propiedades o características de la población mediante: la estimación de parámetros estadísticos y la determinación posterior de la aceptación o negación de la hipótesis planteada.

Tamaño de Muestra

Mediante la consideración de una población finita por el hecho de conocer el número de elementos que la conforman, según Gabaldon, se establece la siguiente ecuación para el cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N-1) * e^2 + \sigma^2 * Z^2} \quad \text{Ec. (1.6)}$$

DONDE:

n: Tamaño de la muestra.

N: Tamaño de la población.

σ : Desviación estándar de la población se usa generalmente 0,5.

Z: Valor obtenido mediante niveles de confianza. Si no se tiene se toma en relación al 95% de confianza que equivale a 1,96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza que equivale a 2,58.

e: Límite aceptable de error muestral que, cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio del encuestador.

1.3 Diseño

1.3.1 Humedad del Material Vegetal

Según Ocon-Tojo en su obra Problemas de Ingeniería Química, la humedad de un sólido representa el peso del agua que acompaña a la unidad de peso de un sólido seco, su valor se puede expresar sobre base seca o base húmeda, y su cálculo respectivo se lleva a cabo mediante las siguientes ecuaciones:

$$x_{bh} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SH}} \quad Ec. (1.7)$$

$$x_{bs} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SS}} \quad Ec. (1.8)$$

DONDE:

x_{bh} : Humedad en base húmeda (%)

x_{bs} : Humedad en base seca (KgH₂O/Kg_{SS})

m_{SH} : Masa del sólido húmedo (g)

m_{SS} : Masa del sólido seco (g)

La humedad juega un rol muy importante en la mayoría de procesos industriales, en la operación de los distintos equipos, almacenamiento y transporte de diversos materiales, para poder garantizar calidad y durabilidad de los productos. Su medición es aplicado en industrias alimenticias como: láctea, azucarera, harinera; en el procesamiento de semillas, industria cementera, textil, papelera, farmacéutica, cosmetológica, de café y de tabaco.

1.3.2 Determinación de la Potencia del Motor del Molino

La potencia es un indicador del trabajo realizado por un motor en un tiempo determinado. Para el cálculo de este parámetro es necesario primero establecer el valor de ciertos términos con datos experimentales de simulación, para posteriormente con datos de diseño determinar la potencia del motor del molino.

1.3.2.1 Determinación de la Constante de Rittinger

Según Von Rittinger, la energía necesaria para efectuar una operación de reducción de tamaño es proporcional a la nueva superficie creada en las partículas sólidas que se someten a esta operación. Siendo, matemáticamente:

$$E = \frac{P}{\dot{m}} = K_R \left[\left(\frac{1}{\theta_f} \right) - \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \right] \quad \text{Ec. (1.9)}$$

DONDE:

E: Energía requerida para la molienda (J/Kg).

P: Potencia del motor (W).

\dot{m} : Flujo másico de alimentación (Kg/s).

K_R : Constante de Rittinger (m^3/s^2).

θ_i : Diámetro de las partículas en la alimentación (m).

θ_f : Diámetro de las partículas en la descarga (m).

La Constante de Rittinger se despeja de la Ec. (1.8), considerada por su aplicabilidad en equipos de molienda intermedia y fina, estableciendo la siguiente ecuación:

$$K_R = \frac{P}{\dot{m} \left[\left(\frac{1}{\theta_f} \right) - \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \right]} \quad \text{Ec. (1.10)}$$

DONDE:

K_R : Constante de Rittinger (m^3/s^2).

P: Potencia del motor utilizado para la molienda en el proceso de simulación (W).

\dot{m} : Capacidad de diseño del molino empleado en la simulación (Kg/s).

θ_f : Diámetro promedio de las partículas en la descarga (m) (Proceso de Simulación).

θ_i : Diámetro promedio de las partículas en la alimentación (m) (Proceso de Simulación).

1.3.2.2 Determinación de la Constante de Bond

La relación empírica entre las constantes de Rittinger y Bond indica la proporcionalidad directa que existe entre estos términos. Cuyo cálculo es requerido para la determinación final de la potencia del motor del molino.

$$K_B = \frac{K_R}{0,5(\theta_i)^{0,5}} \quad \text{Ec. (1.11)}$$

DONDE:

K_B: Constante de Bond (m^{5/2}/s²).

K_R: Constante de Rittinger (m³/s²).

θ_i: Diámetro promedio de las partículas en la alimentación (m) (Proceso de Simulación).

1.3.2.3 Aplicación de la Ley de Bond para la determinación de la Potencia del Motor del Molino Micronizador

Según Bond, la energía requerida para la molienda es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del tamaño de las partículas requerido para el producto. Siendo, matemáticamente:

$$E = \frac{P}{\dot{m}} = \frac{K_B}{\sqrt{\theta_f}} \quad \text{Ec. (1.12)}$$

DONDE:

E: Energía requerida para la molienda (J/Kg).

P: Potencia del motor (W).

ṁ: Flujo másico de alimentación (Kg/s).

K_B: Constante de Bond (m^{5/2}/s²).

θ_f: Diámetro de las partículas en la descarga (m).

La potencia del motor se despeja de la Ec. (1.11), considerada por su aplicabilidad y eficiencia en el cálculo de la potencia de trabajo de equipos de reducción de tamaño como trituradores, molinos intermedios, finos, ultrafinos y máquinas de corte, ya que fue establecida por innumerables pruebas experimentales, resultando la siguiente ecuación:

$$P = \dot{m} \frac{K_B}{\sqrt{\theta_f}} \quad \text{Ec. (1.13)}$$

DONDE:

P: Potencia del motor requerida para el Molino Micronizador (W).

\dot{m} : Capacidad de diseño del Molino Micronizador (kg/s).

K_B : Constante de Bond ($m^{5/2}/s^2$).

θ_f : Diámetro de la malla del tamiz a incorporar en el Molino Micronizador (m).

El cálculo de la potencia se efectúa para varias aplicaciones entre las cuales se mencionan equipos que funcionan con motores eléctricos, de combustión interna, hidráulicos y neumáticos, turbinas de gas, de vapor o de agua.

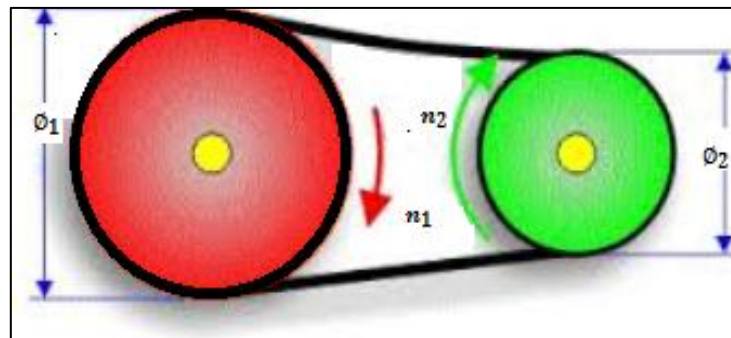
1.3.3 *Determinación de los Parámetros del Sistema de Transmisión*

Un medio eficiente para transmitir la potencia generada por un motor eléctrico es por medio de un sistema de transmisión, el cual está conformado por: poleas-banda, que permiten transmitir dicha potencia por un mecanismo de rozamiento entre los ejes paralelos de la polea conductora y conducida, el movimiento inverso de estas poleas genera un cambio de velocidades.

1.3.3.1 *Determinación de la Relación de Transmisión*

Según Robert Mott en su obra Diseño de Elementos de Máquinas, la relación de transmisión o relación de velocidades de las poleas conductora y conducida es inversamente proporcional a la relación de los diámetros de dichas poleas. Para el diseño del molino se debe establecer un valor para éste parámetro, considerando que se desea formar un sistema de poleas multiplicador de velocidad, lo que quiere decir que la polea conducida tiene el doble de la velocidad angular que la polea conductora.

FIGURA 12-1: Sistema de Transmisión Poleas - Correa



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Así se considera la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_2}{\phi_1} \quad \text{Ec. (1.14)}$$

DONDE:

i : Relación de Transmisión.

n_2 : Velocidad angular de la polea conducida (rad/s).

n_1 : Velocidad angular de la polea conductora (rad/s).

ϕ_2 : Diámetro de la polea conducida (m).

ϕ_1 : Diámetro de la polea conductora (m).

Es importante realizar el despeje de la Velocidad Angular de la polea conducida (**n_2**) a partir de la Ec. (1.13), ya que este valor es requerido para el cálculo del diámetro de la polea conducida.

$$n_2 = i n_1 \quad \text{Ec. (1.15)}$$

El valor de la velocidad angular de la polea conductora o motriz (**n_1**), es un dato que se debe plantear según el requerimiento de diseño.

1.3.3.2 *Aplicación de la relación de velocidades para el cálculo del diámetro de la polea conducida.*

Para provocar un sistema multiplicador de velocidad se establece un diámetro menor en la polea conducida y un diámetro mayor en la polea conductora. Para el cálculo pertinente de **ϕ_2** es necesario establecer un valor de diseño para **ϕ_1** .

$$\phi_2 = \frac{n_1 \phi_1}{n_2} \quad \text{Ec. (1.16)}$$

DONDE:

ϕ_2 : Diámetro de la polea conducida (m).

n_2 : Velocidad angular de la polea conducida (rad/s).

n_1 : Velocidad angular de la polea conductora (rad/s).

ϕ_1 : Diámetro de la polea conductora (m).

1.3.3.3 Determinación de la distancia entre Poleas

Para la determinación de la distancia entre los ejes de las poleas de entrada y salida se establecen dos ecuaciones que identifican un valor mínimo y máximo para este parámetro.

$$d_{\min} = 0,7(\phi_1 + \phi_2) \quad \text{Ec. (1.17)}$$

$$d_{\max} = 2(\phi_1 + \phi_2) \quad \text{Ec. (1.18)}$$

DONDE:

d_{\min} : Distancia mínima entre los ejes de las poleas (m).

d_{\max} : Distancia máxima entre los ejes de las poleas (m).

ϕ_2 : Diámetro de la polea conducida (m).

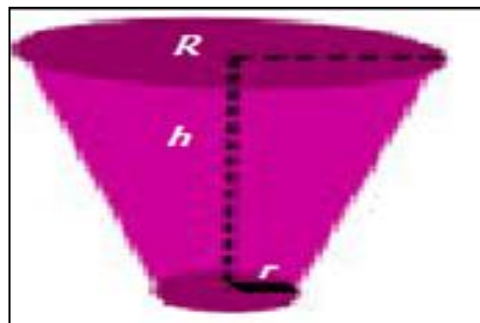
ϕ_1 : Diámetro de la polea conductora (m).

El cálculo de cada uno de los parámetros del sistema de transmisión se aplica en el diseño de automóviles, acondicionamiento de aire y ventilación, equipamiento de aviación, minería, de construcción y equipos industriales como: molinos, trituradoras, cortadoras, mezcladoras, alternadores, generadores, transportadores, elevadores, embotelladoras, envasadoras, hornos de cocción, imprentas, hornos rotativos, calandrias, hiladoras, etc.

1.3.4 Determinación del Volumen de la Tolva de Alimentación

La tolva de alimentación es un dispositivo que permite la canalización del material hacia la cámara de molienda. Su volumen es una magnitud física que expresa el espacio que ocupa dicho objeto en el medio. Para el diseño del equipo se considera una tolva cuya forma geométrica es un tronco de cono o tronco truncado, como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 13-1: Forma Geométrica de la Tolva



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Para la determinación del volumen se establecen su ecuación general:

$$V_{TA} = \frac{1}{3}\pi h(R^2 + r^2 + Rr) \quad \text{Ec. (1.19)}$$

DONDE:

V_{TA} : Volumen de la Tolva de Alimentación (m^3).

h : Altura de la Tolva de Alimentación (m).

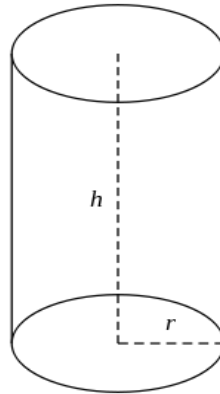
R : Radio mayor de la Tolva de Alimentación (m).

r : Radio menor de la Tolva de Alimentación (m).

Las tolvas son dispositivos utilizados para dirigir diversos materiales para su procesamiento principalmente para la operación de reducción de tamaño y para el almacenamiento de materiales sensibles al medio ambiente en industrias como: petrolera, alimenticia, automotriz, farmacéutica, minera, de plástico, papel, de bebidas y tabaco, construcción y refinerías.

1.3.5 Determinación del Volumen del Recipiente de Descarga

FIGURA 14-1: Forma Geométrica del Recipiente



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

El recipiente acoplado al canal de descarga tiene la finalidad de receptor todo el producto de una forma segura y aséptica, tiene una forma geométrica cilíndrica, de tal forma que su volumen debe ser calculado mediante de la siguiente ecuación general:

$$V_{RD} = \pi r_{RD}^2 h_{RD} \quad \text{Ec. (1.20)}$$

DONDE:

V_{RD} : Volumen del recipiente de descarga (m^3).

r_{RD} : Radio del recipiente de descarga (m).

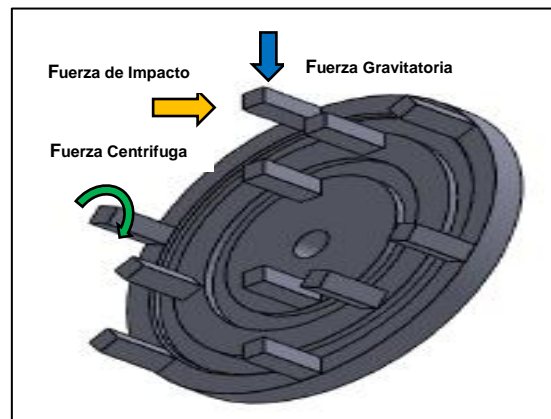
h_{RD} : Altura del recipiente de descarga (m).

Los recipientes son dispositivos utilizados en la industria principalmente como recipientes de almacenamiento y recipientes de proceso, para almacenar sustancias como fluidos o sólidos, que se dirigen algún proceso o para la descarga de productos procesados.

1.3.6 Determinación de las Fuerzas de Intervención en la Molienda

La molturación de las partículas se genera por la acción de tres fuerzas: la fuerza de impacto, la fuerza centrífuga y la fuerza de gravedad, por medio de los elementos de molienda acoplados a los rotores de la cámara del molino. Para efectos de cálculos se considera las dos primeras.

FIGURA 15-1: Rotor Interno del Molino Micronizador



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

1.3.6.1 Determinación de la Fuerza de Impacto

La fuerza de impacto que sufren las partículas del material de alimentación se genera cuando éstas se dirigen perpendicular hacia los elementos de molienda (pines), cuando esta fuerza supera la resistencia del material se produce el fraccionamiento de sus partículas. Para su cálculo respectivo según Richard G. en su obra Diseño en Ingeniería Mecánica de Shingley se establece mediante la siguiente ecuación:

$$F_{\text{impacto}} = \frac{\tau}{r_g} \quad \text{Ec. (1.21)}$$

DONDE:

F_{impacto} : Fuerza de Impacto que experimenta el material (N).

τ : Torque (Nm).

r_g : Radio de giro del estator (m).

El torque expresa la fuerza requerida para realizar un movimiento rotativo por medio de una palanca, venciendo así una resistencia. Se determina según Richard G. en su obra Diseño en Ingeniería Mecánica de Shingley, mediante la siguiente igualdad, aplicada para ejes rotativos de cualquier equipo mecánico e industrial.

$$\tau = \frac{P}{n_2} \quad \text{Ec. (1.22)}$$

DONDE:

τ : Torque (Nm).

P : Potencia del motor calculada (W).

n_2 : Velocidad angular de la polea conducida (rad/s).

1.3.6.2 Determinación de la Fuerza Centrífuga

La fuerza centrífuga es aquella en donde partículas sometidas a un movimiento giratorio generado por el rotor del molino experimentan una fuerza que las aleja del centro de giro dirigiéndolas hacia los elementos de molienda para su fractura. Para su cálculo se plantea su ecuación general:

$$F_C = mn_2^2 r_g \quad \text{Ec. (1.23)}$$

DONDE:

F_C : Fuerza Centrífuga (N).

m : Masa del elemento de impacto (pin) (Kg).

n_2 : Velocidad angular de la polea conducida (rad/s).

r_g : Radio de giro del estator (m).

La determinación de la masa del pin se lleva a cabo mediante su ecuación general:

$$m = \rho_A l a h_p \quad \text{Ec. (1.24)}$$

DONDE:

m : Masa del elemento de impacto (pin) (Kg).

ρ_A : Densidad del material de construcción del elemento de impacto (Acero Inoxidable AISI 304) (Kg/m³).

l : Largo del elemento de impacto (m).

a : Ancho del elemento de impacto (m).

h_p : Alto del elemento de impacto (m).

La fuerza centrífuga es muy utilizada en la industria ya que permite separar, sedimentar, purificar, clarificar, concentrar, espesar y generar un sistema que arrastra partículas. Tiene aplicaciones en industrias alimenticias, farmacéuticas, textiles, de pinturas, lácteas, azucareras, químicas, petroquímicas, de aceites comestibles e industriales y refinerías.

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Muestreo

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de tisanas a partir de hojas de aguacate, orégano y fibra de coco se realizó la adquisición de la materia prima en diferentes puntos para obtener una muestra cuyas características físicas y organolépticas sean de buena calidad. Las hojas de orégano se colectaron en diferentes mercados de la ciudad de Riobamba como son: Mercado de Productores Mayorista, Mercado La Condamine, Mercado Santa Rosa y Mercado San Alfonso; la fibra de coco se colectó de diferentes negocios que comercializan productos derivados del coco y las hojas de aguacate se recolectaron en diferentes lugares aledaños a la ciudad como: Alausí, Chambo, Licto y Penipe. La toma de muestras se efectuó posterior al muestreo por un método de observación considerando parámetros como textura, olor y color de las materias vegetales, con una frecuencia de una vez por día con un total de 3 ensayos consecutivos realizados.

2.1.1 Simulación del Proceso

Para un correcto diseño del equipo de reducción de tamaño es de vital importancia la realización de una simulación de la operación de reducción de tamaño en equipos similares, para poder establecer los parámetros reales involucrados y las variables de diseño, conjuntamente con los cálculos de ingeniería acordes a las necesidades requeridas tanto para la materia prima como para el producto que se desea obtener.

Para empezar se realizó la selección de la materia prima adecuada para el proceso en muestras de 50 g de cada una de las materias vegetales para cada ensayo, posteriormente se procedió a la realización de la simulación de la operación de reducción de tamaño.

Los equipos utilizados para la simulación fueron facilitados por CAMI Ingeniería y Procesos, en primera instancia se trabajó con un equipo para hierbas aromáticas marca DISK MILL, modelo FFC-15 que cuenta con un motor de 3 Hp, una velocidad de trabajo de 2840 rpm y una capacidad de 55 Kg/h. Posteriormente se procedió a la reducción de tamaño en un molino de martillos para

alimentos de capacidad de 50 Kg/h, una velocidad de trabajo de 3500 rpm y una potencia del motor de 2 Hp.

2.2 Metodología

2.2.1 Métodos y Técnicas

2.2.1.1 Métodos

El estudio investigativo de este proyecto se realizó con base a criterios explicativos y descriptivos, con la finalidad de conocer todo el proceso de elaboración de tisanas y establecer una metodología adecuada para la obtención de un producto de calidad y principalmente el estudio detallado de la operación de reducción de tamaño nos permitirá realizar un diseño óptimo del equipo planteado. Los métodos utilizados como: inductivo y deductivo nos sirvieron como punto de partida para la implementación de un diseño que cumpla con los requerimientos establecidos y además nos permita responder a todas las interrogantes que se presentan a lo largo del proyecto.

Método Inductivo

Para el desarrollo del proyecto se partió de un muestreo en los diferentes mercados de la ciudad de Riobamba considerando características organolépticas como color, olor y textura para obtener un material vegetal de buena calidad, la cual se sometió a un proceso de la limpieza, desinfección y secado para obtener una variable muy importante que es la humedad de la materia prima que ingresará al molino para facilitar la molturación de las partículas y evitar atascamientos en la cámara del molino y mediante la simulación de la operación de reducción de tamaño se pudo establecer variables de diseño como capacidad, velocidad de operación y tiempo de molienda, además mediante el empleo de la técnica de tamizaje se pudo determinar la granulometría óptima para el ingreso al molino así como la del producto, y mediante cálculos de ingeniería se procedió al correcto dimensionamiento y construcción del Molino Micronizador .

Método Deductivo

En base al diseño y construcción del Molino Micronizador y a través de su validación se pudo establecer parámetros como la cantidad de material fino generado y mediante cálculos de ingeniería se pudo determinar el rendimiento y eficiencia del equipo, los cuales ayudarán a afianzar el

correcto funcionamiento del equipo presentado y establecer las condiciones reales de su proceso de molturación.

2.2.1.2 Técnicas

Las técnicas utilizadas para la recopilación de datos experimentales que serán la base para el diseño del equipo de reducción de tamaño, son principalmente:

- ✓ Observaciones
- ✓ Ensayos Experimentales
- ✓ Pruebas de Simulación
- ✓ Encuestas
- ✓ Estudios Estadísticos

a) Desinfección de las Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco

CUADRO 1-2: DESINFECCIÓN DE LAS HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	INDICADOR
El objetivo de la desinfección del material vegetal es disminuir la carga microbiana y enzimática.	<p>EQUIPO</p> <p>✓ pHmetro</p> <p>MATERIALES</p> <p>✓ 3 Recipientes plásticos</p> <p>✓ 1 Vaso de precipitación de 1000 ml</p> <p>✓ 1 Probeta de 10 ml</p> <p>SUSTANCIAS</p> <p>✓ H₂O</p> <p>✓ ClO₂ (16%)</p> <p>✓ Muestras Vegetales (Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco)</p>	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el proceso y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <p>a) Previamente realizada la selección del material vegetal se procede a colocar las muestras de forma individual en los respectivos recipientes plásticos.</p> <p>b) Medir el volumen de H₂O necesaria para que la muestra quede totalmente cubierta.</p> <p>c) Añadir el ClO₂ en la siguiente proporción: 1mL ClO₂ = 1L H₂O</p> <p>d) Considerar un tiempo de espera de 45 min.</p> <p>e) Verificar el pH de cada una de las muestras.</p>	<p>❖ ESCALA DE pH</p> <p>6,5 – 7,5</p> <p>Los valores comprendidos en el rango establecido revelan que la muestra ha sido efectivamente desinfectada.</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

b) Deshidratación de las Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco

CUADRO 2-2: DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO

FUNDAMENTO	EQUIPOS/MATERIALES /SUSTANCIAS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El objetivo de la deshidratación es reducir la humedad de las muestras vegetales. Además mediante la aplicación de cálculos matemáticos se establecen parámetros como:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Humedad Inicial (x_i) ✓ Humedad final (x_f) <p>Adicionalmente mediante las curvas de secado y aplicando regresión lineal o interpolación según el caso, se puede establecer:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tiempo requerido hasta alcanzar el valor de x_{op} (Humedad óptima para la molienda) (t) 	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Secador tipo armario ✓ Balanza <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Papel Aluminio <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Muestras Vegetales (Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco) 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el proceso y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <p>a) Las muestras previamente desinfectadas y pre-secadas a temperatura ambiente por un intervalo de tiempo de 24 horas, deben ser pesadas.</p> <p>b) Encender el secador y estabilizar la temperatura a 30 °C.</p> <p>c) Cubrir las bandejas del secador con el papel aluminio.</p> <p>d) Colocar las muestras vegetales en las bandejas respectivas y sobre el papel aluminio.</p> <p>e) Introducir las bandejas en el secador e iniciar la deshidratación.</p> <p>f) Realizar el pesaje de cada una de las muestras en un intervalo de tiempo de 25 min, hasta que la masa de las mismas sea constante.</p>	<p>❖ HUMEDAD</p> <p>De la Ec. (1.7):</p> $x_{bh} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SH}}$ <p>De la Ec. (1.8):</p> $x_{bs} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SS}}$ <p>DONDE:</p> <p>x_{bh}: Humedad en base húmeda</p> <p>x_{bs}: Humedad en base seca</p> <p>m_{SH}: Masa del sólido húmedo (g)</p> <p>m_{SS}: Masa del sólido seco (g)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

c) *Diámetro de partículas según el Método del Tamizado*

CUADRO 3-2: DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE PARTÍCULAS SEGÚN EL MÉTODO DEL TAMIZADO

FUNDAMENTO	EQUIPOS/MATERIALES /SUSTANCIAS	TÉCNICA	CÁLCULO
El objetivo del tamizaje es determinar el diámetro promedio de las partículas que conforman la muestra de material vegetal tanto en la alimentación como en la descarga de la molturación.	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Serie de Tamices ✓ Balanza Analítica <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓Papel Aluminio ✓Escobilla <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓Muestras Vegetales Molidas (Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco) 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el procedimiento y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <p>a) Pesar las muestras de cada material vegetal, provenientes de la alimentación y la descarga de la molienda.</p> <p>b) Armar la serie de tamices en forma descendente de acuerdo a la abertura de malla, seleccionando aquellos de acuerdo a la muestra que se va a tamizar.</p> <p>c) Colocar la muestra en el tamiz superior, evitando pérdidas del material durante el procedimiento y luego colocar la tapa.</p> <p>d) Iniciar el movimiento de vibración, el cual se encuentra en un intervalo de 5 min para las hojas y 10 min para la fibra.</p> <p>e) Pesar la masa del material vegetal, retenida en cada uno de los tamices. Utilizar la escobilla para extraer toda la muestra, con la finalidad de disminuir pérdidas del material.</p> <p>f) Registrar los datos obtenidos y proceder a realizar los cálculos correspondientes.</p>	<p>❖ DIÁMETRO MEDIO DEL TAMIZ De la <i>Ec. (1.2)</i>:</p> $d_{tam} = \frac{d_{tam\ máx} + d_{tam\ mín}}{2}$ <p>DONDE: d_{tam}: Diámetro medio del tamiz (μm) $d_{tam\ máx}$: Diámetro del tamiz por el que pasan las partículas (μm) $d_{tam\ mín}$: Diámetro del tamiz en el cual se retienen las partículas (μm)</p> <p>❖ DIÁMETRO MEDIO EN MASA DE LAS PARTÍCULAS DE LA MUESTRA De la <i>Ec. (1.5)</i>:</p> $\bar{d}_w = \sum_{i=1}^N x_i d_{mpi}$ <p>DONDE: \bar{d}_w: Diámetro medio en masa de las partículas de la muestra (μm) x_i: Fracción másica de las partículas del fragmento (i) d_{mpi}: Diámetro medio de las partículas del fragmento (i) (μm)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

d) Porcentaje de Material Vegetal Retenido y Finos por Tamizado

CUADRO 4-2: DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RETENIDOS Y FINOS

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El objetivo del tamizaje es determinar la apertura óptima de tamiz que será incorporado en el equipo de reducción de tamaño por medio del porcentaje de retenidos en la serie de Taylor utilizada para la técnica, además de cuantificar las pérdidas generadas en la operación de molienda por medio del porcentaje de finos cuyas partículas son inferiores a la requerida y cuyo valor no debe ser mayor al 5%.</p>	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Serie de Tamices ✓ Balanza Analítica <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Papel aluminio ✓ Escobilla ✓ Espátula <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Muestras Vegetales Molidas (Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco) 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el procedimiento y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <p>a) Pesar una muestra representativa del material vegetal obtenido como producto de la molienda.</p> <p>b) Armar la serie de Taylor de forma descendente utilizando los tamices de apertura requeridos según la muestra.</p> <p>c) Colocar la muestra en el tamiz superior evitando pérdidas al máximo del material en el proceso, luego ubicar la tapa en el mismo tamiz para resguardar la muestra al generar el movimiento de vibración.</p> <p>d) Generar manualmente o con ayuda de un equipo el movimiento de vibración, durante un tiempo aproximado de 5 minutos.</p> <p>e) Pesar la masa del material retenida en cada uno de los tamices y la masa de finos como descarga de la serie de Taylor. Utilizar la escobilla para desalojar toda la muestra de los tamices con la finalidad de disminuir las pérdidas del material en el pesado.</p> <p>f) Registrar los datos obtenidos y proceder a realizar los cálculos correspondientes.</p>	<p>❖ PORCENTAJE DE RETENIDOS</p> $Re = \frac{m_R}{\sum m_R} \times 100\% \quad Ec. (1.25)$ <p>DONDE:</p> <p>Re: Porcentaje de retenidos en cada tamiz (%)</p> <p>m_R: Masa retenida en cada tamiz (g)</p> <p>$\sum m_R$: Sumatoria de las masas retenidas en la serie de tamices (g)</p> <p>❖ PORCENTAJE DE FINOS</p> $F = \frac{c}{b} \times 100\% \quad Ec. (1.26)$ <p>DONDE:</p> <p>F: Porcentaje de finos (%)</p> <p>a: Masa de la muestra inicial (g)</p> <p>b: Masa de finos del tamizado (g)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

e) Grado de Desintegración del Material Vegetal

CUADRO 5-2: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DESINTEGRACIÓN

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	CÁLCULO
<p>El objetivo de la determinación del grado de desintegración de la molienda es establecer una relación entre los tamaños de entrada y salida de las partículas, su valor nos indica si la molturación realizada por parte del equipo de reducción de tamaño es adecuado para las materias vegetales y el producto a obtener, ya que se considera directamente proporcional al porcentaje de finos generado en dicha operación.</p>	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Serie de Tamices ✓ Balanza Analítica <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Papel aluminio ✓ Escobilla ✓ Espátula <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Muestras Vegetales Molidas (Hojas de Orégano, Aguacate y Fibra de Coco) 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el procedimiento y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Pesar una muestra representativa del material vegetal en la alimentación y descarga de la molienda. b) Armar la serie de Taylor de forma descendente utilizando los tamices de apertura requeridos según la muestra. c) Colocar la muestra en el tamiz superior evitando pérdidas al máximo del material en el proceso, luego ubicar la tapa en el mismo tamiz para resguardar la muestra al generar el movimiento de vibración. d) Generar manualmente o con ayuda de un equipo el movimiento de vibración, durante un tiempo aproximado de 5 a 10 minutos según la muestra. e) Pesar la masa del material retenida en cada uno de los tamices. Utilizar la escobilla para desalojar toda la muestra de los tamices con la finalidad de disminuir las pérdidas del material en el pesado. f) Registrar los datos obtenidos y proceder a realizar los cálculos correspondientes con ayuda de los valores obtenidos en la técnica de determinación del diámetro de partícula. 	<p>❖ GRADO DE DESINTEGRACIÓN</p> <p>De la Ec. (1.1):</p> $n = \frac{D_{ma}}{d_{ma}}$ <p>DONDE:</p> <p>n: Grado de desintegración D_{ma}: Diámetro promedio de las partículas de la alimentación (m) d_{ma}: Diámetro promedio de las partículas de la salida (m)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

f) Determinación del Tiempo de Molienda

CUADRO 6-2: DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE MOLIENDA

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	INDICADOR
<p>El objetivo de la molienda del material vegetal es establecer un valor correcto de la velocidad de trabajo por medio de la reducción de tamaño de las partículas desde un tamaño inicial a una granulometría específica en un tiempo menor de molienda. Ésta relación se establece ya que el tiempo de molienda está en función de la velocidad a la que trabaja el molino y la velocidad de alimentación de la materia prima.</p>	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Molino DISK MILL ✓ Balanza Analítica ✓ Cronómetro <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fundas de polietileno herméticas ✓ Espátula <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Material vegetal deshidratado: <ul style="list-style-type: none"> ■ Hojas de orégano y aguacate al 7% de humedad. ■ Fibra de coco al 5% de humedad. 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el procedimiento y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Pesar 100g del material vegetal deshidratado, que fue previamente cortado para el caso de la fibra de coco y triturado manualmente para las hojas de aguacate para facilitar la operación de molienda individualmente. b) Preparar el equipo: conectar a una fuente de corriente eléctrica cerciorándose que este en un lugar seguro para su operación. c) Revisar la descarga del equipo, para asegurar una salida adecuada del producto, utilizar mangas individuales para cada materia vegetal para evitar su contaminación en caso de que el equipo no posea un recipiente de descarga. d) Encender el equipo y colocar la muestra en la tolva de alimentación con una operación de molturación libre. e) Tomar el tiempo de molienda de cada muestra desde que ingresa a la cámara del molino hasta que la totalidad del producto haya sido descargado. f) Pesar el producto de cada muestra tratada. g) Registrar los datos obtenidos. h) Realizar el ensayo en molinos de diferente velocidad para determinar el tiempo óptimo de molienda en base a la velocidad angular de trabajo del molino. 	<p>MENOR TIEMPO DE MOLIENDA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD ANGULAR</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

g) Características de la Tisana elaborada a partir de los Materiales Vegetal

CUADRO 7-2: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TISANA

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	INDICADOR
<p>El objetivo del ensayo es determinar la granulometría óptima del material vegetal que va a ser añadido a las bolsas de tisanas previo a su sellado, estableciendo con antelación la formulación adecuada, la cual se registrará según el contenido de principios activos de interés terapéutico de cada uno de sus componentes, posteriormente se procederá a la realización de encuestas para determinar la aceptación del producto en los consumidores y así afianzar los resultados obtenidos en la técnica.</p>	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reverbero ✓ Balanza Analítica <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 6 Vasos de precipitación de 250 mL. ✓ 2 Vasos de precipitación de 1000 mL. ✓ 1 Malla metálica ✓ 20 Bolsas de papel filtro para té. ✓ 1 Espátula ✓ Papel aluminio ✓ 3 Vasos de polietileno <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Material vegetal deshidratado: <ul style="list-style-type: none"> ■ Hojas de orégano y aguacate al 7% de humedad ■ Fibra de coco al 5% de humedad 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el procedimiento y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <p>a) Pesar 1 g de cada una de las masas retenidas en los tamices 20, 40 y 50 incluidos finos de las tres muestras, colocar en las bolsas de papel filtro para té respectivamente. Considerar 1 g ya que es la masa que manejan las empresas que elaboran este tipo de productos.</p> <p>b) Llevar el agua a su punto de ebullición en un vaso de precipitación de 1000 mL con ayuda de un reverbero, posteriormente distribuir en vasos de precipitación de 250 mL en volúmenes equitativos de aproximadamente 150 mL.</p> <p>c) Colocar las bolsas en los vasos respectivamente y dejar reposar por 5 minutos.</p> <p>d) Revisar cada uno de los vasos si existe presencia de partículas sedimentadas y registrar los resultados.</p> <p>e) Una vez determinada la granulometría apta para las bolsas de tisana se procede a realizar la formulación de la misma, estableciendo los porcentajes de componentes, los cuales dependerán del contenido en principios activos de interés terapéutico de éstos.</p> <p>f) Una vez establecidas las formulaciones, pesar cada componente según su porcentaje en masa con un total de 1g para cada formulación y realizar el ensayo nuevamente para verificar la granulometría establecida y registrar las características organolépticas catadas de cada formulación.</p> <p>g) Según la degustación del personal investigativo seleccionar las mejores formulaciones que serán expuestas mediante encuestas a los consumidores.</p>	<p>❖ Granulometría óptima para las bolsas de tisana</p> <p>PRESENCIA DE SEDIMENTOS</p> <p>(SI) Granulometría inadecuada</p> <p>(NO) Granulometría adecuada</p> <p>❖ Formulaciones más adecuadas para las tisanas</p> <p>CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS</p> <p>(√) Agradable al paladar del catador</p> <p>(X) No agradable al paladar del catador</p> <p>ENCUESTAS</p> <p>(Ver Formato de Encuesta en el Anexo X)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

h) Rendimiento de la Molienda del Material Vegetal

CUADRO 8-2: DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA MOLIENDA DEL MATERIAL VEGETAL

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	CÁLCULO
El objetivo de realizar la molienda del material vegetal en este ensayo, es para determinar el rendimiento de la operación en el equipo diseñado, mediante la molturación de las partículas iniciales hasta un diámetro requerido, el cual se alcanza con el paso del material molido, por el tamiz acoplado a la cámara de molturación.	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Molino Micronizador ✓ Balanza <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fundas de polietileno herméticas <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Material vegetal deshidratado: <ul style="list-style-type: none"> ■ Hojas de orégano y aguacate al 7% de humedad. ■ Fibra de coco al 5% de humedad. 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia en el proceso y el protocolo de los EPI (Equipos de Protección Individual).</p> <ol style="list-style-type: none"> Pesar 50 g del material vegetal deshidratado. Ajustar la regulación de alimentación, de tal manera que permita el ingreso del material vegetal. Encender el molino micronizador. Colocar el material vegetal en la tolva de alimentación. Esperar el tiempo requerido para la reducción de tamaño. Apagar el equipo. Retirar el recipiente de descarga y verter el producto molido – tamizado en la funda de polietileno hermética. Pesar la muestra del material vegetal. 	<p>❖ MASA DEL PRODUCTO NETO</p> $m_{PN} = m_{PB} - m_F \quad Ec. (1.27)$ <p>DONDE:</p> <p>m_{PN}: Masa del Producto Neto (g) m_{PB}: Masa del Producto Bruto(g) m_F: Masa de los Finos (g)</p> <p>❖ RENDIMIENTO DE LA MOLIENDA</p> $R = \frac{m_{PN}}{m_i} \times 100\% \quad Ec. (1.28)$ <p>DONDE:</p> <p>R: Rendimiento de la Molienda (%) m_{PN}: Masa del Producto Bruto(g) m_i: Masa Inicial para la molienda(g)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015.

i) *Espectrometría IR de Principios Activos de los Materiales Vegetales*

CUADRO 9-2: ESPECTROMETRÍA IR DE PRINCIPIOS ACTIVOS

FUNDAMENTO	EQUIPOS/ MATERIALES/ SUSTANCIAS	TÉCNICA	INDICADOR
<p>El objetivo de realizar espectrometría IR a los materiales vegetales (Hojas de aguacate, orégano y fibra de coco) antes y después de la operación de molienda-tamizado es verificar que se está llevando a cabo un proceso sin alteración de los principios activos y comprobar su conservación en las tisanas.</p>	<p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ pHmetro ✓ Espectrofotómetro IR <p>MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 6 Envases de color oscuro ✓ 6 Tubos de ensayo con tapón ✓ 6 Corchos ✓ 6 Vasos de precipitación de 150 mL. ✓ 6 Pipetas Pasteur ✓ Algodón <p>SUSTANCIAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Material vegetal de recepción. ✓ Material vegetal después de: molienda - tamizado. 	<p>Se recomienda a las personas utilizar para la realización de ésta técnica: mandil, cofia, guantes y mascarilla, para mantener la asepsia.</p> <p>PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS</p> <p>Maceración del material vegetal</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Colocar el material vegetal: de recepción y después de la molienda-tamizado en los envases respectivos. b) Añadir el etanol (Alcohol Potable 96%) en cada muestra de tal forma que éste cubra completamente el material vegetal e inmediatamente colocar los corchos en los envases. c) Dejar en maceración bajo tierra en un lugar cubierto para evitar el contacto con los rayos solares y mantener una temperatura constante durante un tiempo de 15 días. d) Colocar los extractos etanólicos en los tubos de ensayo respectivamente y sellar los tubos con los tapones. <p>ESPECTROMETRÍA IR</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Medir el pH de cada muestra y comprobar que se encuentre en un rango de 5-9, de lo contrario se debe realizar diluciones del extracto etanólico, esto es muy importante respetar para evitar daños en el equipo. b) Colocar con la pipeta Pasteur la muestra en el cristal de seleniuro de zinc del ATR previamente limpiándolo con alcohol para cada muestra. c) Encender el Espectrofotómetro IR y esperar 5 minutos. d) Ejecutar el programa JASCO para la lectura de espectros. e) Comparar las longitudes de onda de los espectros de las muestras tanto de la recepción como de la salida de la molienda-tamizado para verificar la conservación de principios en el proceso. 	<p>CONSERVACIÓN DE PRINCIPIOS ACTIVOS</p> <p>→ Longitud de onda igual de cada espectro de la muestra en la recepción y en la descarga de la molienda-tamizado de cada material vegetal.</p> <p>(Ver Anexo W)</p>

FUENTE: BRITO H., Técnica Guía Laboratorio de Química Analítica/ ESPOCH/2015

2.3 Datos de Diseño

2.3.1 Diagnóstico

Mediante la realización de ensayos de laboratorio se pudo determinar que la materia prima utilizada para el proceso de elaboración de tisanas cuenta con las características físicas óptimas y con una composición en principios activos excepcionales para el uso recomendado, esta materia prima se obtuvo en el Mercado Santa Rosa para el caso del orégano y la fibra de coco ya que presentaron las mejores características físicas y una buena disponibilidad de adquisición, y para el caso de las hojas de aguacate se obtuvo en el cantón Penipe ya que este lugar presenta extensos cultivos de este producto y sus hojas excelentes características organolépticas. Además se pudo verificar por pruebas de espectrometría IR que las bondades que brinda cada material vegetal por medio de sus principios activos se mantienen intactas en todo el proceso y que gracias a la deshidratación de cada una de ellas se pudo facilitar su molienda y aumentar su tiempo de vida útil.

En las pruebas de simulación de la operación de reducción tamaño se pudo comprobar que los molinos micronizadores son aptos para el tratamiento de toda clase de hierbas aromáticas y material fibroso, además se obtuvo parámetros muy importantes para el diseño del equipo propuesto como: número de malla del tamiz que será incorporado en la cámara de molienda, tiempo de molienda y datos de diseño del molino utilizado para la simulación, que pueden ser relacionados para el dimensionamiento del Molino Micronizador.

2.3.2 Datos Experimentales

2.3.2.1. Datos Experimentales de la Etapa de Desinfección

TABLA 1-2: pH de las muestras vegetales en la Desinfección

MATERIAL VEGETAL	VALOR DE PH
Hoja de Orégano	6,95
Hoja de Aguacate	7,5
Fibra de Coco	7,03

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. – Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.2 Datos Experimentales en la Etapa de Deshidratación

TABLA 2-2: Datos de la Etapa de Deshidratación

TIEMPO (min)	MASA (g)		
	Hojas Orégano	Hojas de Aguacate	Fibra de Coco
0	26,6	65,6	51,8
25	24,2	64,5	46,8
50	22,9	63,5	43,2
75	21,0	62,2	39,4
100	19,7	60,8	36,4
125	18,3	60,6	34,5
150	17,2	59,5	30,0
175	16,1	58,6	28,0
200	14,9	57,1	24,7
225	14,1	55,4	22,2
250	12,8	54,1	20,2
275	11,2	52,9	18,4
300	11,6	51,7	15,6
325	11,5	49,9	14,6
350	10,9	47,7	13,2
375	10,5	46,1	12,1
400	10,1	32,9	11,6
425	9,4	32,0	11,4
450	9,0	31,4	11,3
475	8,7	30,5	11,2
500	8,5	29,5	11,2
525	8,5	28,9	11,2
550	8,5	28,6	-
575	-	27,5	-
600	-	27,3	-
625	-	27,3	-
650	-	27,3	-

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.3 Datos Experimentales de la Técnica de Tamizado

TABLA 3-2: Datos del Tamizaje de las Hojas de Orégano

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Masa Retenida (g)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
4	4750	-
6	3350	8,2478
8	2360	21,8262
14	1400	16,1723
20	850	2,7438
40	425	0,4088
ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
14	1400	-
20	850	2,0403
40	425	6,1361
50	300	31,6139
100	150	6,7386
Finos	-	1,1282

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

TABLA 4-2: Datos del Tamizaje de las Hojas de Aguacate

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Masa Retenida (g)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
4	4750	-
6	3350	13,3225
8	2360	14,4733
14	1400	14,4887
20	850	5,0878
40	425	1,7493
ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
14	1400	-
20	850	4,8044
40	425	30,2883
50	300	8,8883
100	150	5,6211
Finos	-	1,4274

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

TABLA 5-2: Datos del Tamizaje de la Fibra de Coco

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Masa Retenida (g)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
4	4750	-
6	3350	15,4852
8	2360	11,3798
14	1400	11,9682
20	850	6,3536
40	425	3,2654
ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA (Masa Inicial=50g)		
14	1400	-
20	850	10,3149
40	425	23,4093
50	300	11,1148
100	150	3,7958
Finos	-	1,0376

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.4 Datos experimentales de la Simulación de la operación de Molienda

TABLA 6-2: Datos de la Reducción de Tamaño de las Hojas de Orégano

No. Ensayo	Masa de la Alimentación (g)	Masa del Producto(g)	Tiempo de Residencia (min)
A 2840 RPM			
1	100	88,6365	4,00
2	100	89,8451	4,33
3	100	88,9697	4,25
A 3500 RPM			
1	100	90,8796	3,00
2	100	91,6754	3,25
3	100	91,9962	3,27

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

TABLA 7-2: Datos de la Reducción de Tamaño de las Hojas de Aguacate

No. Ensayo	Masa de la Alimentación (g)	Masa del Producto(g)	Tiempo de Residencia (min)
A 2840 RPM			
1	100	87,5333	5,83
2	100	88,6345	6,13
3	100	87,1714	5,33
A 3500 RPM			
1	100	89,1678	5,02
2	100	89,3899	5,27
3	100	89,7854	5,38

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

TABLA 8-2: Datos de la Reducción de Tamaño de las Hojas de Fibra de Coco

No. Ensayo	Masa de la Alimentación (g)	Masa del Producto(g)	Tiempo de Residencia (min)
A 2840 RPM			
1	100	84,1561	7,08
2	100	85,4585	7,33
3	100	85,2427	7,27
A 3500 RPM			
1	100	85,1256	5,98
2	100	85,9913	6,13
3	100	85,0823	5,92

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.5 Datos Experimentales de la Técnica de Tamizado para la Granulometría de las tisanas

TABLA 9-2: Sedimentación de Partículas en Tisanas

No. de Malla de Paso de las Partículas	Presencia de Sedimentos		
	Hojas de Orégano	Hojas de Aguacate	Fibra de Coco
20	NO	NO	NO
40	NO	NO	NO
50	NO	NO	NO
100	SI	SI	SI

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.6 Datos Experimentales de la Formulación de la Tisana

TABLA 10-2: Formulación de Tisana

Componentes	Porcentaje Másico (%)			
	FORM. 1	FORM. 2	FORM. 3	FORM. 4
Hojas de orégano	60	50	40	30
Hojas de Aguacate	10	10	10	10
Fibra de Coco	30	40	50	60

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.7 Datos Experimentales de Catación de Formulaciones de las Tisanas

TABLA 11-2: Catación de Formulaciones

Catadores	FORM. 1	FORM. 2	FORM. 3	FORM. 4
1	X	√	√	X
2	X	√	√	X

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.8 Datos Experimentales de las Características Organolépticas de las Tisanas

TABLA 12-2: Características Organolépticas de Formulaciones

Características Sensoriales	FORM. 2	FORM. 3
COLOR	Color amarillo poco intenso.	Color anaranjado poco intenso.
OLOR	Aroma característico del orégano.	Aroma no distinguible.
SABOR	Equilibrado de los tres componentes, sobresaliendo el orégano.	Equilibrado de los tres componentes.

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. - Laboratorio Operaciones Unitarias/ ESPOCH/2015

2.3.2.9 Datos Experimentales de la Operación del Molino Micronizador

TABLA 13-2: Datos de Validación del Molino Micronizador

Muestra	Masa del Producto Bruto de Descarga (g)	Masa de Finos (g)	Tiempo de Molienda (min)
Hojas de Orégano	48,0146	1,9854	3.033
Hojas de Aguacate	48,0429	1,9571	5,017
Fibra de Coco	48,4185	1,5815	6,467

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

2.3.3 Datos establecidos para el Análisis Inferencial

TABLA 14-2: Tamaño de la Población

FACULTAD DE CIENCIAS	CANTIDAD DE INDIVIDUOS
ADMINISTRATIVOS	21
PROFESORES	121
ESTUDIANTES	1891
TOTAL DE POBLACIÓN	2033

FUENTE: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015

TABLA 15-2: Valores tomados para el Tamaño de Muestra

N	σ	Z	e
2033	0,5	1,96	0,05

FUENTE: MARÍÑO M. / ROMERO E. 2015

2.3.4 Datos de Diseño

TABLA 16-2: Datos de Diseño para Dimensionamiento del Equipo

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	INDICADOR
Material	Acero Inoxidable AISI 304
Capacidad	25 Kg/h
Velocidad de la polea conductora	1720 rpm
Diámetro de la polea conductora	6 plg
Tipo de Tolva de Alimentación	Cónica
Diámetro mayor de la Tolva de Alimentación	0,475 m
Diámetro menor de la Tolva de Alimentación	0,0489 m
Altura de la Tolva de Alimentación	0,325 m
Tipo de Descarga	Recipiente Cilíndrico
Diámetro del Recipiente de Descarga	0,19 m
Altura del Recipiente de Descarga	0,175 m
Diámetro de Giro	0, 148 m
Elementos de Molienda	Pines Rectangulares
Número de Pines	39
Distribución de Pines	11 Rotativos – 28 Estáticos
Alto del pin	0,035 m
Ancho del pin	0,008 m
Altura del pin	0,008 m
Sistema Eléctrico	Motor de Inducción – 220 V
Tamiz	Tipo Rollo
Aplicaciones	Productos Alimenticios

FUENTE: MARÍÑO M. / ROMERO E. - LABORATORIO OPERACIONES UNITARIAS/ ESPOCH/2015.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO

3.1 Cálculos

3.1.1 *Cálculo de la Humedad de la Material Vegetal*

3.1.1.1 *Cálculo de la Humedad Inicial de las Hojas de Aguacate*

De la Ec. (1.7):

$$x_{bh} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SH}}$$
$$x_{bh} = \frac{0,0656 - 0,0273}{0,0656}$$

$$x_{bh} = 0,584$$

$$x_{bh} = 58,4 \%$$

De la Ec. (1.8):

$$x_{bs} = \frac{m_{SH} - m_{SS}}{m_{SS}}$$
$$x_{bs} = \frac{0,0656 - 0,0273}{0,0273}$$

$$x_{bs} = 1,403 \frac{K_{H2O}}{Kg_{SS}}$$

3.1.2 *Cálculo del Tiempo de Secado*

3.1.2.1 *Cálculo del tiempo de secado de las Hojas de Aguacate*

De la Figura 2-3:

$$t = \frac{65,94 - x}{6,6438}$$

$$t = \frac{65,94 - 7}{6,6438}$$

$$t = 8,87 \text{ h}$$

3.1.3 Cálculo del Diámetro promedio de las partículas

3.1.3.1 Cálculo del diámetro aritmético de tamices

De la Ec. (1.2):

$$d_{tam} = \frac{d_{tam \text{ máx}} + d_{tam \text{ mín}}}{2}$$

$$d_{tam} = \frac{4750 + 3350}{2}$$

$$d_{tam} = 4050 \text{ }\mu\text{m}$$

3.1.3.2 Cálculo del diámetro medio de partículas de las Hojas de Aguacate en un segmento de muestra

De la Ec. (1.4):

$$d_{tam} \cong d_{mpi}$$

$$d_{mpi} = 4050 \text{ }\mu\text{m}$$

3.1.3.3 Cálculo del diámetro promedio de las partículas de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.5):

$$\bar{d}_W = \sum_{i=1}^N x_i d_{mpi}$$

$$\bar{d}_W = (0,2712 * 4050) + (0,2946 * 2855) + (0,2950 * 1880)$$

$$+ (0,1036 * 1125) + (0,0356 * 637,5)$$

$$\bar{d}_W = 2633,288 \text{ }\mu\text{m}$$

3.1.4 Cálculo de la Potencia del Motor del Molino

3.1.4.1 Cálculo de la Constante de Rittinger en la Molienda de las Hojas de Aguacate

Conversiones:

$$\checkmark P = 3 \text{ Hp} \left(\frac{746 \text{ W}}{1 \text{ Hp}} \right) \left(\frac{1 \text{ s}}{1 \text{ W}} \right)$$

$$P = 2238 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\checkmark \quad \dot{m} = 55 \frac{Kg}{h} \left(\frac{1h}{3600s} \right)$$

$$\dot{m} = 1,528 \times 10^{-2} \frac{Kg}{s}$$

$$\checkmark \quad \theta_f = 588,724 \mu m \left(\frac{10^{-6}m}{1\mu m} \right)$$

$$\theta_f = 5,887 \times 10^{-4}m$$

$$\checkmark \quad \theta_i = 2633,288 \mu m \left(\frac{10^{-6}m}{1\mu m} \right)$$

$$\theta_i = 2,633 \times 10^{-3}m$$

Consideración: $\bar{d}_w = \theta$

De la Ec. (1.10):

$$K_R = \frac{P}{\dot{m} \left[\left(\frac{1}{\theta_f} \right) - \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \right]}$$

$$K_R = \frac{2238}{1,528 \times 10^{-2} \left[\left(\frac{1}{5,887 \times 10^{-4}} \right) - \left(\frac{1}{2,633 \times 10^{-3}} \right) \right]}$$

$$K_R = 111,055 \frac{Wsm}{Kg} \equiv \frac{m^3}{s^2}$$

3.1.4.2 Cálculo de la Constante de Bond en la Molienda de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.11):

$$K_B = \frac{K_R}{0,5(\theta_i)^{0,5}}$$

$$K_B = \frac{111,055}{0,5(2,633 \times 10^{-3})^{0,5}}$$

$$K_B = 4328,552 \frac{Wsm}{Kg} \equiv \frac{m^{5/2}}{s^2}$$

3.1.4.3 Cálculo de la Potencia requerida para la Molienda de las Hojas de Aguacate

Conversión:

$$\dot{m} = 25 \frac{Kg}{h} \left(\frac{1h}{3600s} \right)$$

$$\dot{m} = 6,944 \times 10^{-3} \frac{Kg}{s}$$

Consideración:

$$\theta_f = 8,5 \times 10^{-4} m \text{ (Tamiz No. 20)}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = 20\%$$

De la Ec. (1.13):

$$P = \dot{m} \frac{K_B}{\sqrt{\theta_f}}$$

$$P = (6,944 \times 10^{-3}) \frac{4328,552}{\sqrt{8,5 \times 10^{-4}}}$$

$$P = 1030,963 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ W}} \right)$$

$$P = 1,382 \text{ Hp}$$

$$P = 1,382 + (0,20 \times 1,382)$$

$$P = 1,658 \text{ Hp}$$

3.1.5 Cálculos para el Dimensionamiento de las Poleas

3.1.5.1 Cálculo de la Relación de Transmisión

De la Ec. (1.14):

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{2}{1} = 2$$

3.1.5.2 Cálculo de la Velocidad Angular de la Polea Conductora

Conversión:

$$n_1 = 1720 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right)$$

$$n_1 = 180,118 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

3.1.5.3 Cálculo de la Velocidad Angular de la Polea Conducida

De la Ec. (1.15):

$$n_2 = i n_1$$

$$n_2 = 2(180,118)$$

$$n_2 = 360,236 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} \right) \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$n_2 = 3440 \text{ rpm}$$

3.1.5.4 Cálculo del Diámetro de la Polea Conducida

Consideración:

$$\phi_1 = 6 \text{ plg} \left(\frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ plg}} \right)$$

$$\phi_1 = 0,152 \text{ m}$$

De la Ec. (1.16):

$$\phi_2 = \frac{n_1 \phi_1}{n_2}$$

$$\phi_2 = \frac{(180,118)(0,152)}{(360,236)}$$

$$\phi_2 = 0,076 \text{ m}$$

3.1.5.5 Cálculo de la distancia entre los Ejes de las Poleas

De la Ec. (1.17):

$$d_{\min} = 0,7(\phi_1 + \phi_2)$$

$$d_{\min} = 0,7(0,152 + 0,076)$$

$$d_{\min} = 0,160 \text{ m}$$

De la Ec. (1.18):

$$d_{\max} = 2(\phi_1 + \phi_2)$$

$$d_{\max} = 2(0,152 + 0,076)$$

$$d_{\max} = 0,456 \text{ m}$$

3.1.6 Cálculo del Volumen de la Tolva de Alimentación

De la Ec. (1.19):

$$V_{TA} = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr)$$

$$V_{TA} = \frac{1}{3} \pi (0,325) [(0,238)^2 + (0,0244)^2 + (0,238)(0,0244)]$$

$$V_{TA} = 0,021 \text{ m}^3$$

3.1.7 Cálculo del Volumen del Recipiente de Descarga

De la Ec. (1.20):

$$V_{RD} = \pi r_{RD}^2 h_{RD}$$

$$V_{RD} = \pi(0,095)^2(0,175)$$

$$V_{RD} = 4,962 \times 10^{-3} m^3$$

3.1.8 *Cálculo de las Fuerzas involucradas en la Molturación*

3.1.8.1 *Cálculo del Torque*

De la Ec. (1.22):

$$\tau = \frac{P}{n_2}$$

$$\tau = \frac{1492}{360,236}$$

$$\tau = 4,142 \text{ Nm}$$

3.1.8.2 *Cálculo de la Fuerza de Impacto*

De la Ec. (1.21):

$$F_{\text{impacto}} = \frac{\tau}{r_g}$$

$$F_{\text{impacto}} = \frac{4,142}{0,074}$$

$$F_{\text{impacto}} = 55,973 \text{ N}$$

3.1.8.3 *Cálculo de la Masa del Elemento de Molienda (Pin)*

De la Ec. (1.24):

$$m = \rho_A l a h_p$$

$$m = (7900)(0,035)(8 \times 10^{-3})(8 \times 10^{-3})$$

$$m = 6,194 \times 10^{-4} \text{ m}$$

3.1.8.4 *Cálculo de la Fuerza Centrífuga Total*

De la Ec. (1.23):

$$F_C = m n_2^2 r_g$$

$$F_C = (6,194 \times 10^{-4})(360,236)^2(0,074)$$

$$F_C = 5,948 \text{ N} \times 11 \text{ pines}$$

$$F_{CT} = 65,428 \text{ N}$$

3.1.9 Cálculos Adicionales

3.1.9.1 Cálculo del Porcentaje de Retenidos en el Tamizado del producto molido de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.25):

$$Re = \frac{m_R}{\Sigma m_R} \times 100\%$$

$$Re = \frac{4,8044}{49,6027} \times 100\%$$

$$Re = 9,6858 \%$$

3.1.9.2 Cálculo del Porcentaje de Finos en el Tamizado del producto molido de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.26):

$$F = \frac{c}{b} \times 100\%$$

$$F = \frac{1,4274}{50} \times 100\%$$

$$F = 2,8548 \%$$

3.1.9.3 Cálculo del Grado de Desintegración de la Molienda de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.1):

$$n = \frac{D_{ma}}{d_{ma}}$$

$$n = \frac{2,633 \times 10^{-3}}{5,887 \times 10^{-4}}$$

$$n = 4,473$$

3.1.9.4 Cálculo de la Masa del Producto Neto de descarga de la molienda de las Hojas de Aguacate

De la Ec. (1.27):

$$m_{PN} = m_{PB} - m_F$$

$$m_{PN} = 50 - 1,9571$$

$$m_{PN} = 48,0429 \text{ g}$$

3.1.9.5 Cálculo del Rendimiento de la Molienda en el Micronizador

De la Ec. (1.28):

$$R = \frac{m_{PB}}{m_i} \times 100\%$$

$$R = \frac{48,0429}{50} \times 100\%$$

$$R = 96,0858 \%$$

3.1.9.6 Cálculo de la Eficiencia del Molino Micronizador

Ec. (1.29):

$$\varepsilon = \frac{P_{REQUERIDA}}{P_{TEÓRICA}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{1,658}{2} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 82,9 \%$$

3.1.9.7 Cálculo del Tamaño de Muestra para el Análisis Inferencial

De la Ec. (1.6):

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{(N - 1) * e^2 + \sigma^2 * Z^2}$$

$$n = \frac{2033 * (0,5)^2 * (1,96)^2}{(2033 - 1) * (0,05)^2 + (0,5)^2 * (1,96)^2}$$

$$n = 323,24$$

$$n = 323 \text{ personas}$$

3.2 Resultados

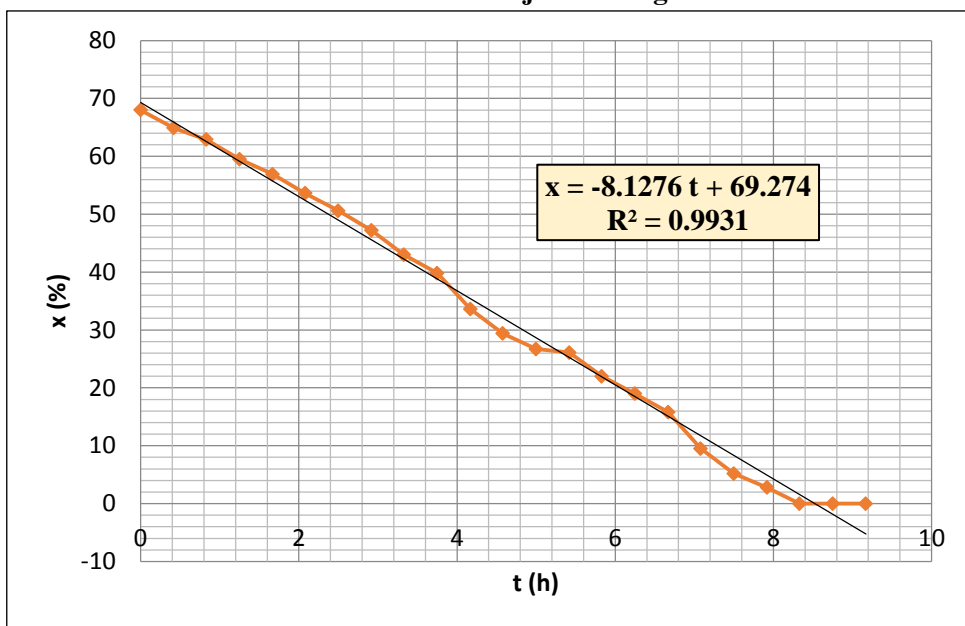
3.2.1 Resultados de la etapa de Deshidratación

TABLA 1-3: Deshidratación de las Hojas de Orégano

Tiempo (h)	Masa (Kg)	Humedad		
		x_{bh} (Kg _{H2O} /Kg _{SH})	x_{bh} (%)	x_{bs} (Kg _{H2O} /Kg _{SS})
0,00	0,0266	0,680	68,0	2,129
0,42	0,0242	0,649	64,9	1,847
0,83	0,0229	0,629	62,9	1,694
1,25	0,0210	0,595	59,5	1,471
1,67	0,0197	0,569	56,9	1,318
2,08	0,0183	0,536	53,6	1,153
2,50	0,0172	0,506	50,6	1,024
2,92	0,0161	0,472	47,2	0,894
3,33	0,0149	0,430	43,0	0,753
3,75	0,0141	0,398	39,8	0,659
4,17	0,0128	0,336	33,6	0,506
4,58	0,0112	0,294	29,4	0,318
5,00	0,0116	0,267	26,7	0,365
5,42	0,0115	0,261	26,1	0,353
5,83	0,0109	0,220	22,0	0,282
6,25	0,0105	0,190	19,0	0,235
6,67	0,0101	0,158	15,8	0,188
7,08	0,0094	0,095	9,5	0,106
7,50	0,0090	0,052	5,2	0,059
7,92	0,0087	0,028	2,8	0,024
8,33	0,0085	0,000	0,0	0,000
8,75	0,0085	0,000	0,0	0,000
9,17	0,0085	0,000	0,0	0,000

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FIGURA 1-3: Curva de Secado de las Hojas de Orégano



FUENTE: MARINÓ M. / ROMERO E. 2015.

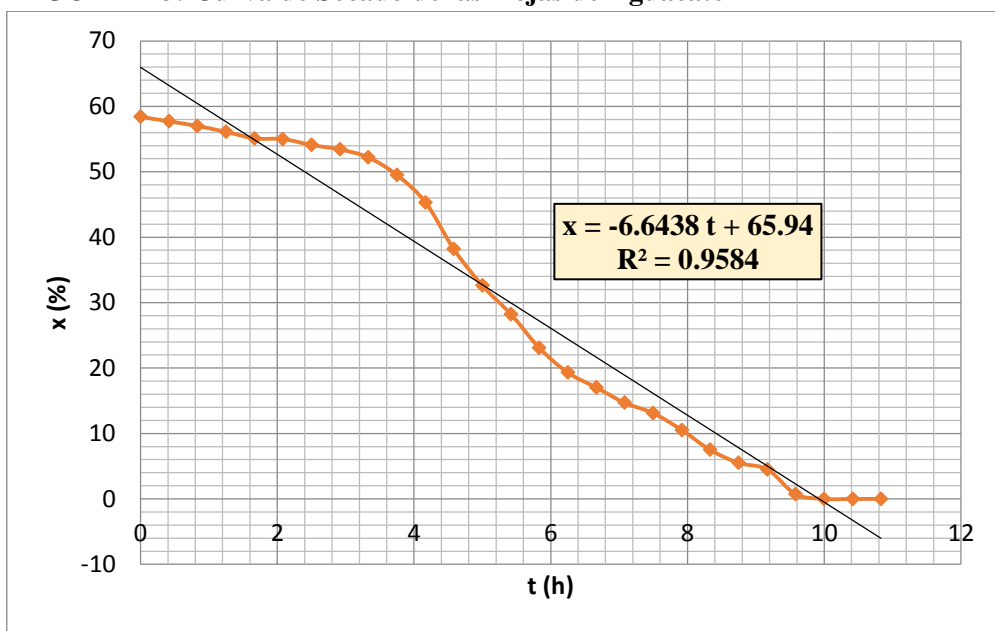
TABLA 2-3: Deshidratación de las Hojas de Aguacate

Tiempo (h)	Masa (Kg)	Humedad		
		x_{bh} (Kg _{H2O} /Kg _{SH})	x_{bh} (%)	x_{bs} (Kg _{H2O} /Kg _{SS})
0,00	0,0656	0,584	58,4	1,403
0,42	0,0645	0,577	57,7	1,363
0,83	0,0635	0,570	57,0	1,326
1,25	0,0622	0,561	56,1	1,278
1,67	0,0608	0,551	55,1	1,227
2,08	0,0606	0,550	55,0	1,220
2,50	0,0595	0,541	54,1	1,179
2,92	0,0586	0,534	53,4	1,147
3,33	0,0571	0,522	52,2	1,092
3,75	0,0541	0,495	49,5	0,982
4,17	0,0500	0,453	45,3	0,832
4,58	0,0442	0,382	38,2	0,619
5,00	0,0405	0,326	32,6	0,484
5,42	0,0380	0,282	28,2	0,392
5,83	0,0355	0,231	23,1	0,300
6,25	0,0338	0,193	19,3	0,238
6,67	0,0329	0,170	17,0	0,205
7,08	0,0320	0,147	14,7	0,172
7,50	0,0314	0,131	13,1	0,150
7,92	0,0305	0,105	10,5	0,117

8,33	0,0295	0,075	7,5	0,081
8,75	0,0289	0,055	5,5	0,059
9,17	0,0286	0,045	4,5	0,048
9,58	0,0275	0,0073	0,73	0,0073
10,00	0,0273	0,000	0,0	0,000
10,42	0,0273	0,000	0,0	0,000
10,83	0,0273	0,000	0,0	0,000

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FIGURA 2-3: Curva de Secado de las Hojas de Aguacate



FUENTE: MARIÑO M. ROMERO E. 2015.

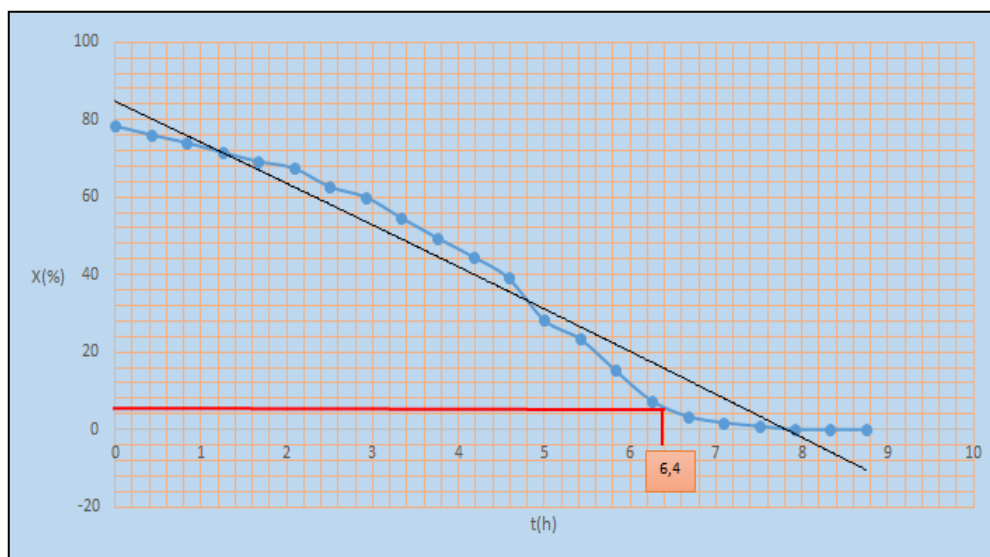
TABLA 3-3: Deshidratación de la Fibra de Coco

Tiempo (h)	Masa (Kg)	Humedad		
		x_{bh} (Kg _{H2O} /Kg _{SH})	x_{bh} (%)	x_{bs} (Kg _{H2O} /Kg _{SS})
0,00	0,0518	0,784	78,4	3,625
0,42	0,0468	0,761	76,1	3,179
0,83	0,0432	0,741	74,1	2,857
1,25	0,0394	0,716	71,6	2,518
1,67	0,0364	0,692	69,2	2,250
2,08	0,0345	0,675	67,5	2,080
2,50	0,0300	0,627	62,7	1,679
2,92	0,0280	0,600	60,0	1,500
3,33	0,0247	0,547	54,7	1,205
3,75	0,0222	0,495	49,5	0,982
4,17	0,0202	0,446	44,6	0,804

4,58	0,0184	0,391	39,1	0,643
5,00	0,0156	0,282	28,2	0,393
5,42	0,0146	0,233	23,3	0,304
5,83	0,0132	0,152	15,2	0,179
6,25	0,0121	0,074	7,4	0,080
6,67	0,0116	0,034	3,4	0,036
7,08	0,0114	0,018	1,8	0,018
7,50	0,0113	0,0088	0,88	0,0089
7,92	0,0112	0,000	0,0	0,000
8,33	0,0112	0,000	0,0	0,000
8,75	0,0112	0,000	0,0	0,000

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FIGURA 3-3: Curva de Secado de la Fibra de Coco



FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

3.2.2 Resultados del Tamizado del producto de la simulación de la operación de Molienda

TABLA 4-3: Diámetro promedio de las partículas de las Hojas de Orégano

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Tamaño Medio de la partícula (dmp_i) (μm)	Masa Retenida (g)	Fracción Másica (x_i)	$x_i^* dmp_i$ (μm)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA					
4	4750	-	-	-	-
6	3350	4050	8,2478	0,1670	676,350
8	2360	2855	21,8262	0,4418	1261,339
14	1400	1880	16,1723	0,3274	615,512
20	850	1125	2,7438	0,0555	62,438

40	425	637,5	0,4088	0,0083	5,291
		Σ	49,3989	1	2620,930
ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA					
14	1400	-	-	-	-
20	850	1125	2,0403	0,0439	49,388
40	425	637,5	6,1361	0,1319	84,086
50	300	362,5	31,6139	0,6794	246,283
100	150	225	6,7386	0,1448	32,580
		Σ	46,5289	1	412,337

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 5-3: Diámetro promedio de las partículas de las Hojas de Aguacate

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Tamaño Medio de la partícula (dmp_i) (μm)	Masa Retenida (g)	Fracción Másica (x_i)	$x_i * dmp_i$ (μm)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA					
4	4750	-	-	-	-
6	3350	4050	13,3225	0,2712	1098,360
8	2360	2855	14,4733	0,2946	841,083
14	1400	1880	14,4887	0,2950	554,600
20	850	1125	5,0878	0,1036	116,550
40	425	637,5	1,7493	0,0356	22,695
		Σ	49,1216	1	2633,288
ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA					
14	1400	-	-	-	-
20	850	1125	4,8044	0,0969	109,013
40	425	637,5	30,2883	0,6106	389,258
50	300	362,5	8,8883	0,1792	64,960
100	150	225	5,6211	0,1133	25,493
		Σ	49,6027	1	588,724

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 6-3: Diámetro promedio de las partículas de la Fibra de Coco

Número de Malla	Apertura de Malla (μm)	Tamaño Medio de la partícula (dmp_i) (μm)	Masa Retenida (g)	Fracción Másica (x_i)	$x_i * dmp_i$ (μm)
ETAPA: ALIMENTACIÓN/ANTES DE LA MOLIENDA					
4	4750	-	-	-	-
6	3350	4050	15,4852	0,3196	1294,380
8	2360	2855	11,3798	0,2349	670,639
14	1400	1880	11,9682	0,2470	464,360
20	850	1125	6,3536	0,1311	147,488
40	425	637,5	3,2654	0,0674	42,968
		Σ	48,4522	1	2619,835

ETAPA: DESCARGA/DESPUÉS DE LA MOLIENDA					
14	1400	-	-	-	-
20	850	1125	10,3149	0,2121	238,6125
40	425	637,5	23,4093	0,4813	306,8288
50	300	362,5	11,1148	0,2285	82,8313
100	150	225	3,7958	0,0780	17,5500
		Σ	48,6348	1	645,8226

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

3.2.3 Resultados de simulación de la operación de Molienda

TABLA 7-3: Matriz de Selección del Tiempo Óptimo de Molienda

Velocidad Angular para la Molturación (rpm)	Masa Promedio de la Alimentación (g)	Masa Promedio del Producto (g)	Tiempo Promedio de Residencia (min)
MUESTRA: HOJAS ORÉGANO			
2840	100	89,1504	4,20
3500	100	91,5171	3,18
MUESTRA: HOJAS DE AGUACATE			
2840	100	87,7797	5,76
3500	100	89,4477	5,22
MUESTRA: FIBRA DE COCO			
2840	100	84,9524	7,26
3500	100	85,3997	6,00

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

3.2.4 Resultados de las Características determinadas del Material Vegetal

TABLA 8-3: Características determinadas del Material Vegetal

x_{bh} (%)		\bar{d}_w (m)		t (h)	
Inicial	Final	Óptima	Alimentación	Descarga	Óptimo Secado
MUESTRA: HOJAS DE ORÉGANO					
68	2,8	7	$2,621 \times 10^{-3}$	$4,123 \times 10^{-4}$	7,66
MUESTRA: HOJAS DE AGUACATE					
58,4	0,73	7	$2,633 \times 10^{-3}$	$5,887 \times 10^{-4}$	8,87
MUESTRA: FIBRA DE COCO					
78,4	0,88	5	$2,620 \times 10^{-3}$	$6,458 \times 10^{-4}$	6,40

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

3.2.5 Resultados del Diseño del Equipo Micronizador

TABLA 9-3: Potencia para el Equipo Micronizador

Muestras	$K_R (m^3/s^2)$	$K_B (m^{5/2}/s^2)$	$P_{REQUERIDA} (Hp)$	$P_{TEORICA} (Hp)$
Hojas de Orégano	71,661	2799,493	1,073	2
Hojas de Aguacate	1111,055	4328,552	1,658	2
Fibra de Coco	125,529	4904,824	1,879	2

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E.

TABLA 10-3: Dimensionamiento del Equipo Micronizador

$V_{TA} (m^3)$	$V_{RD} (m^3)$	$n_1 \left(\frac{rev}{min}\right)$	$n_2 \left(\frac{rev}{min}\right)$	m_{pin}	No. Malla Tamiz	
0,021	$4,962 \times 10^{-3}$	1720	3440	$6,194 \times 10^{-4}$	20	
$\phi_1 (m)$	$\phi_2 (m)$	$d_{min} (m)$	$d_{max} (m)$	$\tau (Nm)$	$F_{impacto} (N)$	$F_{CT} (N)$
0,152	0,076	0,160	0,456	4,142	55,973	65,428

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E.

3.2.6 Resultados de los Cálculos Adicionales

TABLA 11-3: Porcentaje de Retenidos

Número de Malla	Porcentaje de Retenidos (%)
HOJAS DE ORÉGANO	
20	4,3850
40	13,1877
50	67,9447
100	14,4826
HOJAS DE AGUACATE	
20	9,6858
40	61,0618
50	17,9190
100	11,3322
FIBRA DE COCO	
20	21,209
40	48,133
50	22,854
100	7,8005

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 12-3: Porcentaje de Finos y Grado de Desintegración

Muestra	Porcentaje de Finos (%)	Grado de Desintegración
Hojas de Orégano	2,2564	6,357
Hojas de Aguacate	2,8548	4,473
Fibra de Coco	2,0752	4,057

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 13-3: Validación del Molino Micronizador

Muestra	Masa del Producto Neto (g)	Rendimiento (%)	Eficiencia (%)
Hojas de Orégano	48,0146	96,0292	53,65
Hojas de Aguacate	48,0429	96,0858	82,90
Fibra de Coco	48,4185	96,8370	93,95
		$\bar{R} = 96,32$	$\bar{\varepsilon} = 76,6$

FUENTE: MARINÓ M. / ROMERO E. 2015.

3.3 Propuesta

3.3.1 Propuesta de Diseño

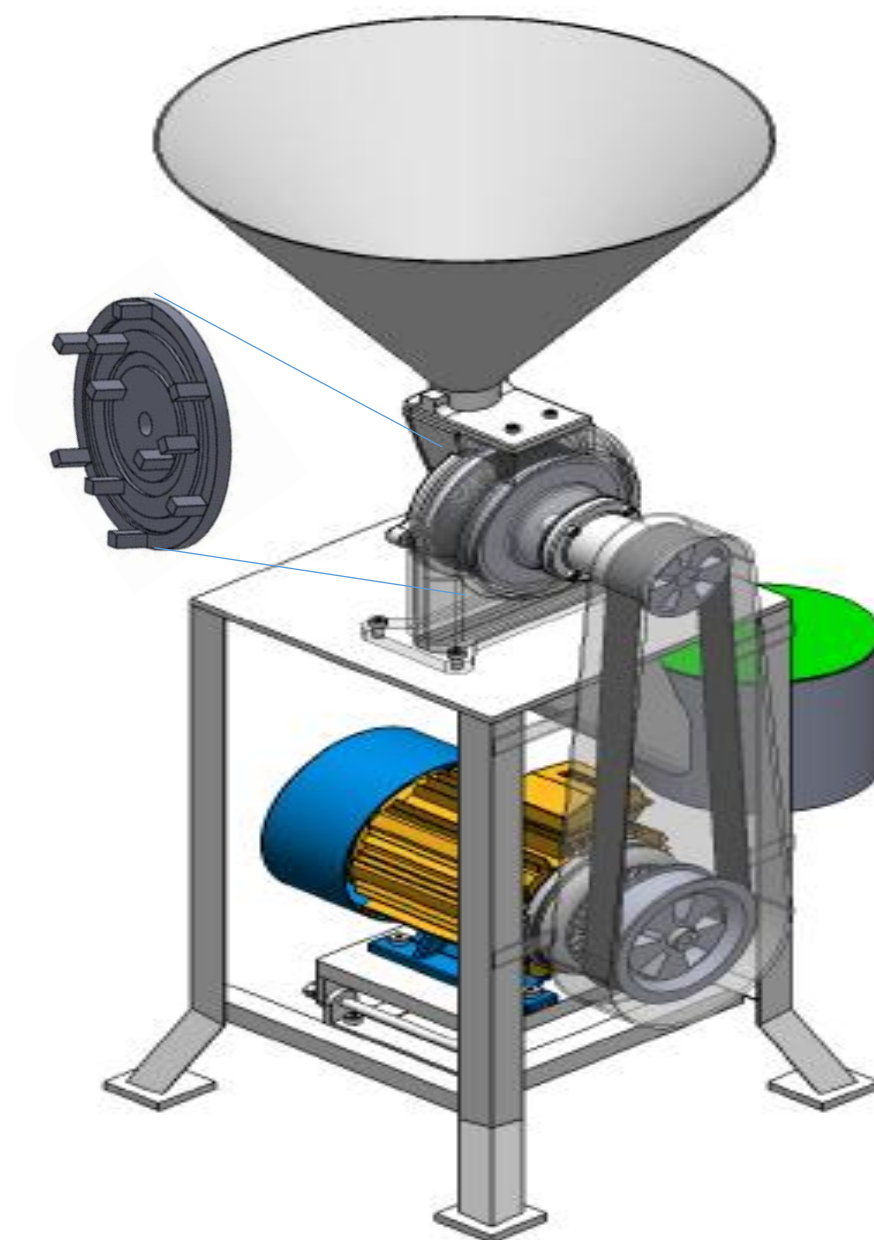
Tabla 14-3: Propuesta de Diseño del Molino Micronizador

PARTES PRINCIPALES	COMPONENTES	CARACTERÍSTICA/FUNCIÓN	ESPECIFICACIÓN	DIMENSIÓN	UNIDAD
CUERPO FUNDIDO (CARCASA)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carcasa de Alimentación ✓ Carcasa de la Cámara de Molienda ✓ Carcasa de Descarga ✓ Carcasa del Sistema de Transmisión 	<p>La carcasa de alimentación posee una zona de entrada de aire, mediante 15 orificios para brindar mayor fluidez al proceso.</p> <p>La carcasa de la cámara de molienda cuenta con una zona desarmable - rotor estático, para facilitar su limpieza.</p> <p>La carcasa de descarga cuenta con una zona de ubicación de la manga dirigida al recipiente contenedor del producto.</p>	Carcasa de Alimentación		
			Altura del canal	0,148	m
			Ancho del canal	0,087	m
			Espesor del canal	0,004	m
			Carcasa de Descarga		
			Ángulo de inclinación del canal	25,88	Grados
			Largo superior del canal	0,202	m
			Largo inferior del canal	0,392	m
SISTEMA TURBO GIRATORIO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rotor Estático ✓ Rotor Giratorio ✓ Elementos de Molienda (Pines) ✓ Sistema de Ventilación ✓ Tamiz 	<p>Los elementos de molienda tienen forma geométrica rectangular, con una totalidad de 39, distribuidos 11 en el estator y 28 en el rotor, que en conjunto aseguran el cumplimiento correcto del criterio de balance estático, dinámico y de sustentabilidad del equipo, y afianza el control fácil de vibración y mantiene la inercia que se necesita.</p> <p>El sistema de ventilación se forma por: entrada de aire y velocidad alta de giro.</p> <p>El tamiz tiene un número de malla 20, está acoplado a un anillo que rodea el estator, en el cual se puede intercambiar el tamiz según la granulometría del producto que se desea obtener.</p>	Elementos de Molienda (Pines)		
			Masa del pin	$6,194 \times 10^{-4}$	m
			Largo del pin	0,035	m
			Ancho del pin	0,008	m
			Altura del pin	0,008	m
			Fuerza Centrífuga de un pin	5,95	N
			Rotores		
			Diámetro del rotor estático	0,18	m
			Diámetro de Giro del rotor giratorio	0,148	m
			Ancho del rotor giratorio	0,018	m
			Diámetro de ingreso del material	0,06	m
			Tamiz		
			Largo del tamiz	0,161	m
			Ancho del Tamiz	0,057	m
			Ancho del anillo	0,010	m

PARTES PRINCIPALES	COMPONENTES	CARACTERÍSTICA/FUNCIÓN	ESPECIFICACIÓN	DIMENSIÓN	UNIDAD
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eje Principal ✓ Poleas ✓ Banda de Transmisión 	<p>La banda tipo A de perfil trapezoidal escogida por su capacidad de transmitir hasta 3 Hp, garantiza confiabilidad, seguridad, operación uniforme y poco ruido y vibraciones.</p> <p>El eje principal permite dar soporte al rotor giratorio y conducir la potencia en forma de energía mecánica a la misma velocidad angular de la polea conducida. Su giro se da en sentido de las agujas del reloj.</p>	Eje principal		
			Diámetro del eje	0,024	m
			Largo del eje	0,146	m
			Torque	4,142	Nm
			Poleas		
			Diámetro Polea Conductora	0,152	m
TOLVA DE ABATECIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tolva ✓ Sistema de Regulación de paso de la alimentación 	<p>El sistema de paso es un regulador de la velocidad de alimentación, que evita el embotamiento del material en la cámara del molino y da seguridad al operador el equipo.</p>	Tolva de Alimentación		
			Volumen de la tolva	0,021	m ³
			Altura de la tolva	0,325	m
			Diámetro de entrada	0,475	m
			Diámetro de salida	0,0489	m
RECIPIENTE DE DESCARGA	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recipiente 	<p>El recipiente de descarga cuenta con un sistema hermético de sellado y una zona de salida de aire, para evitar pérdidas y contaminación del producto.</p>	Diámetro del recipiente	0,19	m
			Altura del recipiente	0,175	m
			Altura del orificio en el recipiente	0,061	m
			Diámetro del orificio en el recipiente	0,12	m
			Volumen del recipiente	4,962 x10 ⁻³	m
SISTEMA ELÉCTRICO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Motor de Inducción 	<p>El motor de inducción es el principal componente del equipo ya que provee de la potencia y velocidad requerida para la operación de molienda y tamizado.</p>	Potencia de operación	2	Hp
			Requerimiento de Energía	220	V
			Velocidad de Trabajo	1720	rpm

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

FIGURA 4-3: Molino Micronizador



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 15-3: Parámetros del Molino Micronizador

CAPACIDAD = 25 Kg/h
VELOCIDAD = 3440 rpm
POTENCIA = 2 Hp
COSTO* = \$3200

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

*DETALLE DE COSTOS VER ANEXO V

3.3.2 Requerimiento Presupuestario para la Producción de Tisanas

Tabla 16-3: Requerimiento Presupuestario

COSTOS	DETALLE	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL (\$)	COSTO TOTAL (\$)
DIRECTOS				
MATERIA PRIMA	Hojas de Orégano	1 Kg	5,00	5,00
	Hojas de Aguacate	1 Kg	0,50	0,50
	Fibra de Coco	1 Kg	1,00	1,00
MANO DE OBRA	Operario	1	11,80/día	11,80
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				18,30
INDIRECTOS				
INSUMOS	Ecoxin 100	0,06L/Kg (3muestras)	2,93/L	0,53
SUMINISTROS	Agua			
	Limpieza y Desinfección	0,06 m ³ /Kg (3muestras)	0,46/m ³	0,08
	Electricidad			
	Deshidratación	135,21 KW-h	0,09/Kw-h	12,17
	Reducción de Tamaño	2,45 KW-h	0,09/Kw-h	0,22
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				13,00
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (\$/Kg tisana)				31,30

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

3.4 Análisis y Discusión de Resultados

➤ El equipo de molienda y tamizado diseñado presenta los siguientes valores de: fuerzas mecánicas para la fractura de partículas de 55,973 N como fuerza de impacto y de 65,428 N como fuerza centrífuga total la cual presenta un valor mayor debido a que la alta velocidad e ingreso de aire contribuyen al arrastre de partículas hacia los elementos de molienda para su molturación, además de un torque de 4,142 Nm que facilita el giro de cada uno de los elementos de molienda para la reducción de tamaño, una potencia requerida para la molienda de 1,073 Hp para las hojas de orégano, 1,658 Hp para las hojas de aguacate y 1,879 Hp para la fibra de coco estimando un 20% como factor de seguridad, sin embargo, se ha considerado una potencia de 2 Hp ya que en el mercado no se encuentran a los valores calculados, considerando una potencia superior para dar mayor seguridad y un buen funcionamiento del motor instalado.

➤ Los valores de dimensionamiento del equipo de molienda y tamizado calculados son: 0,021 m³ como volumen de la tolva de alimentación, 4,962 x 10⁻³ como volumen del recipiente de descarga, 6,194 x 10⁻⁴ como masa de cada uno de los elementos de molienda o pines, 0,152 m como distancia mínima entre poleas, 0,456 m como distancia máxima entre poleas y 0,076 m como diámetro de la polea conducida.

➤ Los resultados de pH obtenidos en la etapa de desinfección de los elementos vegetales tienden a la neutralidad y son el indicador de la inexistencia de la carga microbiana y enzimática, debido a que, éstas se desarrollan en un medio ácido y a su vez al no presentarse como resultado un valor alcalino se revela la desaparición del ClO₂ cuyo pH: 14.

➤ Los valores de humedad inicial de las muestras vegetales, obtenidos mediante deshidratación establecen la siguiente escala creciente: hojas de aguacate (58,4%), hojas de orégano (68%) y fibra de coco (78,4%). Sin embargo a pesar de que la fibra coco presenta mayor humedad requiere menor tiempo de deshidratación para alcanzar una humedad óptima para la molienda, lo mismo ocurre al comparar los tiempos de deshidratación de las hojas de orégano y aguacate. Es decir que, se establece una relación inversa entre la humedad inicial y el tiempo de deshidratación requerido para alcanzar valores de humedad óptima, éste comportamiento es justificado por la superficie de la muestra vegetal expuesta al calor en la deshidratación, es decir a mayor exposición de superficie mayor tiempo de deshidratación requerido. Por tanto, para obtener una humedad óptima del 7% las hojas de aguacate requieren 8,87 h de secado y las hojas de orégano 7,66 h de secado. Para el caso de la fibra de coco requiere de 6,4 h de secado para obtener una humedad óptima del 5%.

➤ La técnica de tamizaje permite determinar el diámetro promedio de la mezcla de partículas de diferente tamaño que presentan las muestras vegetales. Es así que, en la alimentación de la operación de reducción de tamaño los materiales vegetales presentan un diámetro promedio muy similar luego de pasar previamente por un proceso de trituración o corte para el caso de las hojas de aguacate y fibra de coco respectivamente, estableciéndose los siguientes valores: $2,621 \times 10^{-3}$ m para el orégano, $2,633 \times 10^{-3}$ m para el aguacate y $2,620 \times 10^{-3}$ m para la fibra de coco. Por otra parte el diámetro de las muestras vegetales en la descarga se establecen en forma ascendente de la siguiente manera: $4,123 \times 10^{-4}$ m para el orégano, $5,887 \times 10^{-4}$ m para el aguacate y $6,458 \times 10^{-4}$ m para la fibra de coco.

➤ Mediante el método de tamizado se pudo determinar la apertura óptima del tamiz que será incorporado en la cámara de molienda de 850 μ m perteneciente al número de malla 20, éste se estableció ya que presenta según los cálculos realizados un porcentaje de retenidos menor para cada material vegetal. Considerando que el producto de molienda es una mezcla de partículas de tamaño variado es importante recalcar que las partículas que pasaron por las mallas 40 y 50 también cumplen con el tamaño requerido, sin embargo se consideró la malla 20 ya que a partir de ésta la granulometría es óptima para las tisanas. Para el caso de las partículas que pasaron por la malla 100 o material fino su granulometría no cumple con la necesaria para estos productos ya que tiende a sedimentarse al contacto con el agua, sin embargo, su estadía en el producto de molienda es considerable ya que según los cálculos su porcentaje máximo es de 2,8548%, valor que se encuentra dentro de la especificación del 5% para la molienda.

➤ Según los cálculos realizados para el grado de desintegración sus valores son: 6,357 para las hojas de orégano, 4,473 para las hojas de aguacate y 4,041 para la fibra de coco, que representan una relación directa entre los diámetros de entrada y salida de la operación de reducción de tamaño, y al tratarse de materiales fiabes y fibrosos deshidratados su valor es bajo, comparado al de los minerales expuestos a una molienda.

➤ Mediante el proceso de simulación de la operación de molienda a diferentes velocidades angulares se pudo determinar el tiempo óptimo de molienda de: 0,053 h para las hojas de orégano, 0,087 h para las hojas aguacate y 0,10 h para la fibra de coco, valores pertenecientes a la operación de molturación a 3500 rpm, por tanto, al ser menor el tiempo de molienda a velocidades altas se consideró para el diseño del molino Micronizador una velocidad alta de trabajo de 3440 rpm.

➤ Al obtener los espectros resultado de la Espectrometría IR del extracto etanólico de las muestras vegetales de la etapa de recepción y compararlos con los espectros de las muestras después de la molienda y tamizado, podemos asegurar que el material vegetal conserva sus

principios activos debido a que la longitud de onda de los picos más sobresalientes es la misma en ambos espectros de cada muestra.

➤ Las formulaciones establecidas se basaron en las características organolépticas de cada material vegetal y el porcentaje de principios activos de interés terapéutico que poseen, por tanto, el orégano al presentar un sabor muy agradable y un porcentaje alto de principios activos su valoración másica en la tisana es mayor, la fibra de coco de igual manera al poseer un porcentaje alto en principios activos pero un sabor no distintivo constituye valores variados en las formulaciones y para las hojas de aguacate se establece el valor más bajo ya que presentan un sabor amargo y un porcentaje bajo en principios activos. Sin embargo, cada una de éstas son de importancia por sus propiedades medicinales.

➤ Los análisis estadísticos descriptivos de la degustación tomando como muestra representativa al Octavo semestre de la Escuela de Ingeniería Química integrado por 41 personas, de la tisana 1 (formulación 2) y tisana 2 (formulación 3), sobresalió la tisana 1 (50% orégano, 40% aguacate y 10% fibra de coco) ya que sus características organolépticas de color, aroma y sabor tuvo mayor aceptabilidad.

➤ En el análisis inferencial el resultado establecido en la prueba estadística chi – cuadrado no es significativo por lo tanto aceptamos la hipótesis nula de independencia y concluimos que ambas variables estudiadas son independientes, no existe una relación entre ellas. Esto significa que, existe más de un 5% de probabilidad de que la hipótesis nula sea cierta en nuestra población y lo consideramos suficiente para aceptar.

➤ El costo de producción por Kilogramo de Tisana es de \$31,30; considerando que con 1 kg de cada material vegetal se pueden elaborar 1000 Tisanas, debido a que cada una de ellas contienen 1 gramo total entre los tres elementos vegetales, por ende, su costo de producción individual es de \$ 0,03.

CONCLUSIONES

- Las variables que se deben considerar previo al proceso de molienda y tamizado es la humedad y diámetro promedio inicial del material vegetal. Es así que se establece como humedad óptima un valor del 7% en base húmeda para las hojas de orégano y aguacate, parámetro que se alcanza en un tiempo de deshidratación de 7,66 h y 8,87 h respectivamente; en cambio para la fibra de coco se debe considerar una humedad óptima de 5% en base húmeda, valor que se establece en un tiempo de deshidratación de 6,40 h. El diámetro promedio inicial del material vegetal corresponde a los siguientes valores: $2,621 \times 10^{-3}$ m para las hojas de orégano, $2,633 \times 10^{-3}$ m para las hojas de aguacate y $2,620 \times 10^{-3}$ m para la fibra de coco.
- La simulación de la operación de reducción de tamaño en conjunto con las técnicas de tamizaje para cada material vegetal, establecieron los diámetros promedio en la etapa de descarga de: $4,123 \times 10^{-4}$ m para las hojas de orégano, $5,887 \times 10^{-4}$ m para las hojas de aguacate y $6,458 \times 10^{-4}$ m para la fibra de coco. Además se determinó como valores promedio del porcentaje de finos y grado de desintegración: 4,492% y 4,957 respectivamente.
- Los cálculos de ingeniería establecen: un volumen de la tolva de alimentación de $0,021 \text{ m}^3$, una potencia promedio requerida para la molienda de 1,54 Hp, una velocidad angular de la polea conducida de 3440 rpm, una distancia mínima y máxima entre los ejes de las poleas de 0,160 y 0,456 respectivamente, una fuerza de impacto de 55,973 N, una fuerza centrífuga de 65,428 N y un volumen del recipiente de descarga de $4,962 \times 10^{-4} \text{ m}^3$.
- La construcción del equipo de molienda y tamizado está realizada bajo el prototipo de un Molino Micronizador para línea de productos alimenticios fabricado en acero inoxidable AISI 304 con una capacidad de diseño de 25 Kg/h, una potencia de operación de 2 Hp y un costo de adquisición de \$3200.
- La validación del equipo establece un rendimiento de 96,95% y una eficiencia de 77% como promedio de las tres muestras utilizadas en el proceso.

RECOMENDACIONES

- Para la utilización del equipo se recomienda al personal mantener el protocolo de los Equipos de Protección Personal.
- Para llevar a cabo el funcionamiento del equipo se recomienda primero revisar: “El Manual de Operación del Micronizador” o revisar las técnicas experimentales planteadas en la presente investigación.
- El equipo debe ser utilizado para materiales de tipo alimenticio, que cumplan con un diámetro adecuado considerando la abertura de regulación de la tolva de alimentación. El equipo no es apto para materiales grasos, minerales o que sobrepasen el 12% de humedad.
- Para el mantenimiento del equipo se recomienda revisar: “El Manual de Operación del Micronizador”.
- Para la utilización de la fibra de coco como materia prima, se recomienda realizar previo a su molienda un proceso de desfibrado y corte para alcanzar la granulometría requerida.
- Para el caso de que el material fino se extraiga del producto de molienda, este no representa una pérdida ya que por su granulometría puede ser aprovechado en otras aplicaciones como en farmacología para la obtención de comprimidos y encapsulados, como condimento para el caso de orégano y como sustrato para suelos acompañado con otros elementos para la fibra de coco.
- Luego de obtener el producto de descarga de la molienda-tamizado se recomienda llevar a cabo una esterilización del producto para asegurar su calidad, previo al mezclado bajo una formulación establecida.

BIBLIOGRAFÍA

AGAPITO, Teodoro F., & SUNG, Isabel. Fitomedicina: 1100 Plantas Medicinales. Lima-Perú. Isabel I.R.L. 2004, pp. 1-33.

AGUACATE (*Persea americana* Mill). Tlahui.com,
<http://www.tlahui.com/medic/medic28/aguacate.htm>
2014/10/04

Aguacate (*Persea americana* Mill). Biblioteca de la Medicina Tradicional Mexicana,
http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Persea_americana&id=7088
2014/10/01

ÁLVAREZ, Néstor S., & BAGUÉ, Cruz A. Tecnología Farmacéutica. Barcelona-España. Club Universitario. 2012, pp. 326-329.

AUGSTBURGER, F., et al. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico: Guía de 18 cultivos, Coco. s.l. Publicaciones de Naturland Asociación. 2000, pp. 1, 11-15.

BADGER, L., & BANCHERO T. Introducción a la Ingeniería Química. Nueva York-Estados Unidos. McGrawHill. 1995, pp. 683-708.

BERDONCES, José L. Gran Diccionario de las Plantas Medicinales: Descripción Aplicaciones, El Libro más completo sobre Fitoterapia. España. Océano. s.f., p. 377.

BERNAL, J., & DÍAZ C. Tecnología para el Cultivo del Aguacate. Colombia. Publicaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. 2005, pp. 11-51.

BRITO, Hanníbal L. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. Riobamba - Ecuador. s.ed., 2000, pp. 31-40.

CAJAS, Darwin B. Diseño de un Triturador Pulverizador de Estopa de Coco para la producción de Sustrato Granulado. (Tesis) (Ing. Mecánico). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito-Ecuador. 2011, pp. 6-14; 25-45.

CARDONA, Luis E., & MEJÍA, Luis F. Evaluación del efecto antioxidante de aceites esenciales y extractos de *Eugenia caryophyllata*, *Origanum vulgare* y *Thymus vulgaris*. Colombia. Publicado por Biosalud. 2009, v.8. pp. 59-68.

CHOTO, H. Diseño de un molino tipo picadora para la molienda de carnes y productos afines, destinado al área de alimentos del CESTTA-ESPOCH. (Tesis) (Ing. Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2013, pp. 17-37.

Coco (*Cocos nucífera L.*). Biblioteca de la Medicina Tradicional Mexicana,
<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Cocosnucifera&id=7069>.
2014/11/23

COULSON, J. M., et al. Ingeniería Química: Operaciones Básicas, Unidades SI. Barcelona-España. Reverté. 1981, v.2. pp. 61-104.

DUDA, Walter H. Manual Tecnológico del Cemento. Madrid-España. Técnicos Asociados. 1977, pp. 26-49.

Estadística Inferencial. es.slideshare.net,
<http://es.slideshare.net/maguieb/estadstica-inferencial-16313544>
2014/11/09

GEANKOPLIS, C. J. Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias. 3.ed., D.F.-México. Continental. 1998, pp. 928-933.

GENNARO, Alfonso L. Remintong Farmacia. Buenos Aires-Argentina. Médica Panamericana. 2003, pp. 795-797.

GÓMEZ, A.I., et al. Potencial Antimicrobiano de los aceites esenciales del orégano (*Orégano vulgare*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*). Monterrey-México. Publicaciones del Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. 2009, pp. 35-41.

GURROLA., et al. Patrones de variación y distribución geográfica en fenotipos típicos químicos foliares de *Persea americana* var. *drymifolia*. D.F.-México. Publicaciones de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. 2009, pp. 19-23.

HALL, V., et al. Plantas Medicinales. s.l. Publicaciones del CIMED. Universidad de Costa Rica. 2002, v.2. pp. 1-3.

HERRERA, J., et al. Concentración Nutricional en hoja, cáscara y pulpa de Aguacate CV. “Fuerte” por efecto de aspersiones foliares de nitrato de calcio. D.F.-México. Publicaciones de

Agricultura Técnica en México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2008, v.34. pp. 289-295.

LEVENSPIEL, O. Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor. Barcelona-España. Reverté. 2004, pp. 119-122.

McCABE, W. et al. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Madrid-España. McGrawHill. 1998, pp. 890-924.

MENA, A. Validación Farmacológica del efecto analgésico y antiinflamatorio de hoja de *Ficus carica* (Higuera), de hoja de *Persea americana* (Aguacate) y flor de *Calendula officinalis* (Flor de muerto) en infusión acuosa (Fase I). (Tesis) (Qco. Farmacéutico). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Nuevo San Carlos-Guatemala. 2005, pp. 7-8.

Molinos Micronizadores. Industria MILL POWER TECH,

<http://www.sbmperu.com/ver/productos-pulverizadores>

2014/11/09

MOTT, R. Diseño de Elementos de Máquinas. 4.ed., D.F.-México. Pearson. 2006, pp. 270; 261-270.

OCÓN, J., & TOJO, G. Problemas de Ingeniería Química. Operaciones Básicas. 2.ed., Madrid- España. Aguilar. 1980, v.2. pp. 240-241.

PAMPLONA, Jorge D. Enciclopedia de las Plantas Medicinales. 2.ed., La Paz-Argentina. Safeliz. 2006, pp. 44-112.

PERRY, H., et al. Manual del Ingeniero Químico. 2.ed., D.F.-México. McGrawHill. 1984, v.2. pp. 1729-1815.

PERRY, H., et al. Manual del Ingeniero Químico. 6.ed., Nueva York-Estados Unidos. McGrawHill. 1999, v.2. Sección 8. pp. 1-60.

Propiedades de Orégano (*Origanum vulgare*). Botanical-Online,

<http://www.botanical-online.com/medicinalsoreganocastella.htm>

2014/12/13

RICHARD, G., & KEITH, N. Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8.ed., D.F.-México. McGrawHill. 2008, pp. 96,382.

ROLDÁN, Alfredo. 100 Plantas Medicinales Escogidas: Una guía de plantas de todo el mundo seleccionadas por su valor terapéutico. 4.ed., Madrid-España. EDAF. 2004, p. 27.

SÁNCHEZ, Marlene M. Estudio investigativo del orégano: producción, cultivo, análisis de sus propiedades y su aplicación en la gastronomía ecuatoriana. (Tesis) (Adm. Gastronómico). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Hotelería y Gastronomía, Escuela de Gastronomía, Quito-Ecuador. 2009, pp. 28-35.

Tamices Ranurados Gedar. Empresa Andaluza. GEDAR,
<http://www.gedar.com/PDF/Residuales/GEDAR-Perfiles-Tamices.pdf>
2014/12/01

TORRENEGRA, Miladys E. Evaluación de la Actividad Antioxidante del aceite esencial foliar extraído de especies de orégano (Orégano vulgare), orégano “borde blanco” (Orégano vulgare ssp.) y oreganito (Lippia) cultivada en la zona norte del Departamento de Bolívar. (Tesis) (Msc. en Ciencias y Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos, Bogotá-Colombia. 2014, p. 114.

Un Orégano con Propiedades Antimicrobianas. Argentina Investiga. Divulgación y Noticias Universitarias,
http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=un_oregano_con_propiedades_antimicrobianas&id=1638#.VMF0zmPPwaM.
2014/10/23

VALDEZ, Julio. Determinación del contenido, variación fenológica y efecto citotóxico de persina de aguacate criollo mexicano (*Persea americana* Mill. var. *drymifolia*). (Tesis) (Msc. en Ciencias en Biología Experimental). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Ciudad Hidalgo-México. 2011, pp. 20-27.

GLOSARIO

SUSTANCIAS AMARGAS: el gusto amargo dispara una señal que llega directamente al sistema nervioso central y genera una serie de respuestas que van desde estimular el apetito hasta aumentar la secreción de jugos estomacales, desintoxican el hígado.

ANALGÉSICO: alivia el dolor.

ANESTÉSICO: produce la pérdida temporal de la sensibilidad de una parte del cuerpo.

ANTIÁCIDO: sustancias que neutralizan el ácido en el estómago, o la primera parte del duodeno.

ANTIACNÉ: combate problemas de acné en la piel.

ANTIALÉRGICO: que elimina o alivia una reacción alérgica.

ANTICANCEROSO: combate el cáncer.

ANTICOAGULANTE: previene o combate la coagulación de la sangre, evitando la formación de trombos.

ANTIDIARREICO: sirve para combatir la diarrea.

ANTIESPASMÓDICO: calma los desórdenes nerviosos, quita el dolor abdominal y calma los calambres.

ANTIEPILÉPTICO: ayuda al tratamiento de la epilepsia.

ANTIHELMÍNTICA: Hierbas que expulsan los parásitos intestinales.

ANTIHEPATOTÓXICO: trata sustancias nocivas para las células del hígado.

ANTIINFLAMATORIO: previene o disminuye la inflamación de los tejidos y sus síntomas.

ANTIMICROBIANO: refuerza la acción antimicrobiana del sistema inmunitario.

ANTIMUTAGÉNICO: contrarresta la acción de un mutágeno o agente químico, físico o biológico que altera o cambia la información genética de un organismo.

ANTIMICÓTICO: combate y evita el crecimiento hongos y levaduras o infecciones micóticas.

ANTINEURÁLGICO: cura o alivia las neuralgias o afecciones cuyo principal síntoma es el dolor intenso e intermitente a lo largo de los nervios.

ANTIOXIDANTE: retarda o previene la oxidación de otras moléculas, protegiendo al organismo de manera integral.

ANTIPIRÉTICO: disminuye la temperatura del cuerpo o reduce la fiebre.

ANTIRREUMÁTICO: alivia los síntomas de enfermedad del sistema músculo-esquelético.

ANTISÉPTICO: sustancia que detienen o evita el desarrollo de microorganismos inhibiendo su actividad sin necesidad de destruirlos.

ANTITUMORAL: previene o combate los tumores.

ANTITUSÍGENO: ayuda al tratamiento de la tos y sus síntomas.

ANTIVIRAL: combate los virus o infecciones causadas éstos.

ANTIVOMITIVO: impide el vómito o la náusea.

AROMÁTICO: da aroma y estimula las membranas mucosas gastrointestinales.

ASTRINGENTE: estrecha o contrae los tejidos orgánicos.

BACTERICIDA: todo agente capaz de destruir microorganismos o gérmenes nocivos.

BÉQUICO: ayuda al tratamiento de la tos.

CARMINATIVO: combate los gases, es antiflatulento, expulsa o reabsorbe los gases.

CICATRIZANTE: favorece y acelera la cicatrización.

DIAFORÉTICO: sustancias que ayudan a sudar.

DIGESTIVO: favorece la digestión de alimentos.

DIURÉTICO: aumenta la secreción de orina, favorece de manera natural la detoxificación del organismo.

EMANOLOGO: provoca y regula la menstruación, ejerciendo acción benéfica sobre los órganos genitales femeninos.

EMOLIENTE: acción suavizante y antiinflamatoria sobre la piel por abscesos, úlceras, inflamaciones y las mucosas.

ENERGIZANTE: estimula o da energía.

ESTIMULANTE: principios que excitan la actividad funcional de órganos.

ESTOMÁQUICO: tonifica el estómago y ayuda a la digestión

ESTROGÉNICO: imita y regula la acción de los principales estrógenos del cuerpo.

EXPECTORANTE: ayuda arrojar por la boca las secreciones del aparato respiratorio.

FEBRÍFUGO: disminuye la temperatura del cuerpo, antipiréticos.

FRIABLE: sólidos de fácil fractura.

HEMOSTÁTICO: detiene el flujo de sangre de una herida.

HIPOTENSOR: reduce los niveles elevados de presión arterial.

LAXANTE: facilita la expulsión de las heces.

LUBRICANTE: asegura un buen deslizamiento de los alimentos en el esófago.

OFTÁLMICO: ayuda al tratamiento de problemas oftálmicos o de los ojos.

PECTORAL: ayuda al tratamiento de problemas del sistema respiratorio.

PURGANTE: provoca la evacuación de heces líquidas diarreicas o antiparasitario.

RESOLUTIVO: hace cesar la inflamación o disuelve los tumores.

RUBEFACIENTE: produce rubefacción (rubor o enrojecimiento).

SEDANTE: calma y mitiga dolores, producen acción tranquilizante.

SURFACTANTE: capaz de reducir significativamente la tensión superficial dentro de los alvéolos pulmonares evitando que estos colapsen durante la respiración.

TÓNICO: fortalece el organismo.

VERMÍFUGO: mata y expulsa lombrices intestinales.

ANEXOS

ANEXO A: RECEPCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL



a)



b)



c)



d)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>		PROCESO DE ELABORACIÓN DE TISANAS A PARTIR DE HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO		
a) Recolección de hojas de aguacate b) Recolección de la fibra de coco c) Recolección del orégano d) Selección del material vegetal			ESCALA	FECHA	LÁMINA		
			A ₄	10-02-2014	1		

ANEXO B: LIMPIEZA DEL MATERIAL VEGETAL



e)



f)



g)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>	PROCESO DE ELABORACIÓN DE TISANAS A PARTIR DE HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO		
e) Lavado del orégano f) Limpieza individual de las hojas de aguacate g) Lavado de la fibra de coco			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	2

ANEXO C: DESINFECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL



h)



i)



j)



k)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</div>	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>		PROCESO DE ELABORACIÓN DE TISANAS A PARTIR DE HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO		
h) Desinfección de la fibra de coco i) Desinfección de las hojas de aguacate j) Desinfección de las hojas de orégano k) Medición del pH de las muestras	ESCALA				FECHA	LÁMINA	
	A ₄				10-02-2014	3	

ANEXO D: DESHIDRATACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL



l)



m)



n)



o)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>		PROCESO DE ELABORACIÓN DE TISANAS A PARTIR DE HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO		
l) Presecado de la materia vegetal m) Pesado del material vegetal n) Ubicación del material vegetal en las bandejas y deshidratación en el secador o) Material vegetal deshidratado					ESCALA	FECHA	LÁMINA
					A ₄	10-02-2014	4

ANEXO E: REDUCCIÓN DE TAMAÑO DEL MATERIAL VEGETAL



p)



q)



r)



s)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath	PRUEBA DE SIMULACIÓN DE LA OPERACIÓN DE REDUCCIÓN DE TAMAÑO DE LAS HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO		
p) Desfibrado de la fibra de coco q) Cortado manual de la fibra de coco r) Molienda del material vegetal en equipos de diferente velocidad angular s) Material vegetal molido	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	5

ANEXO F: TAMIZADO DEL MATERIAL VEGETAL DE LA RECEPCIÓN



t)



u)



v)



w)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</div>	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Mariño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath	ENSAYO DE TAMIZADO DE LAS HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO DE LA RECEPCIÓN		
t) Pesado de las muestras de alimentación u) Ubicación de la serie de tamices v) Tamizado de cada muestra w) Pesado de masas retenidas en tamices	ESCALA			FECHA	LÁMINA	
	A ₄			10-02-2014	6	

ANEXO G: TAMIZADO DEL MATERIAL VEGETAL PRODUCTO DE LA MOLIENDA



x)



y)



z)



aa)

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>		ENSAYO DE TAMIZADO DE LAS HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO PRODUCTO DE LA MOLIENDA		
x) Pesado de las muestras molidas y) Tamizado de cada muestra z) Pesado de materiales retenidos y finos de cada tamiz aa) Categorización de partículas					ESCALA	FECHA	LÁMINA
					A ₄	10-02-2014	7

ANEXO H: PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN DE PARTÍCULAS CATEGORIZADAS EN EL TAMIZADO



bb)



cc)



dd)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA ÓPTIMA DE LAS TISANAS		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	8

ANEXO I: FORMULACIÓN DE LA TISANA



ee)



ff)



gg)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</div>	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath</i>	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA ÓPTIMA DE LAS TISANAS		
ee) Pesado de cada formulación según el porcentaje másico de sus componentes ff) Llenado en bolsas de té gg) Preparación de las tisanas			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	9

ANEXO J: DEGUSTACIÓN DE LA TISANA



hh)



ii)



jj)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia</i> <i>Romero Colcha Elíana Monserrath</i>	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA ÓPTIMA DE LAS TISANAS		
hh) Mezclado de la tisanas con endulzante ii) Degustación de tisanas jj) Encuestas realizadas a personas que realizaron la catación de la tisana			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	10

ANEXO K: MACERACIÓN DEL MATERIAL VEGETAL



kk)



ll)



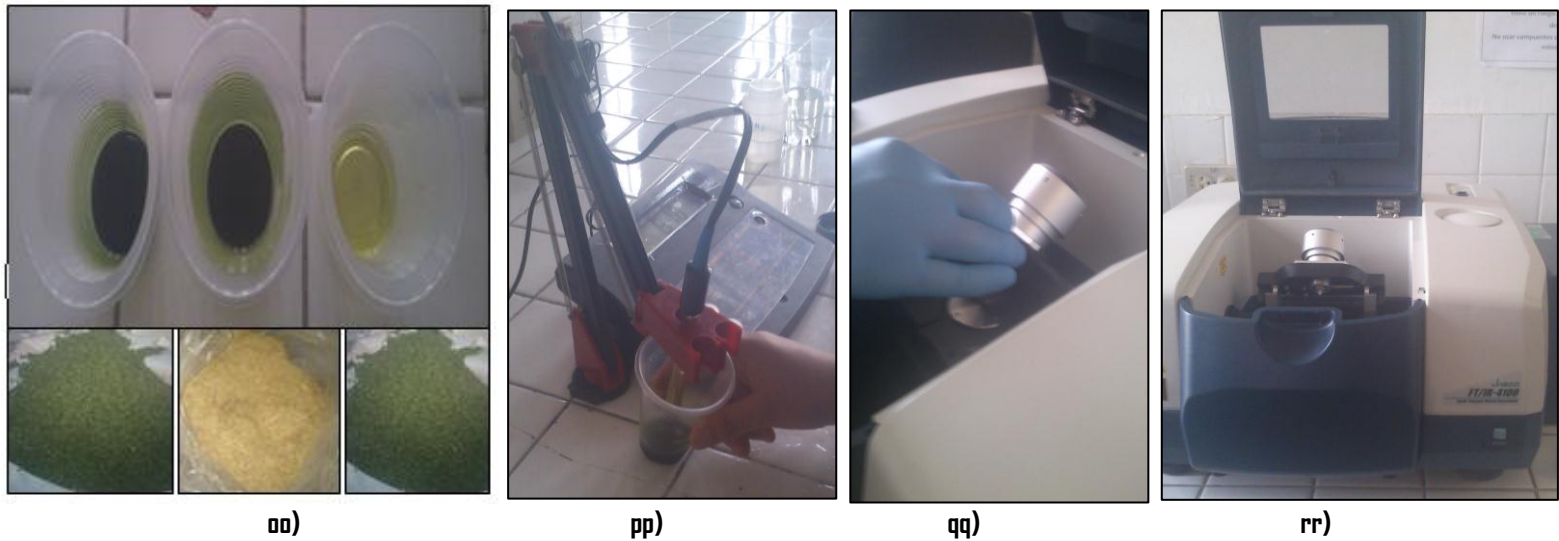
mm)



nn)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Mariño Ashquí Margoth Patricia</i> <i>Romero Colcha Eliana Monserrath</i>	ENSAYO DE APLICACIÓN DE ESPECTROMETRÍA IR PARA MATERIALES VEGETALES		
kk) Ubicación del material vegetal en los envases oscuros ll) Agregado del alcohol industrial mm) Extracción de las muestras nn) Extracto etanólico macerado			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	11

ANEXO L: ESPECTROMETRÍA IR



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Maríño Ashquí Margoth Patricia Romero Colcha Elíana Monserrath</i>	ENSAYO DE APLICACIÓN DE ESPECTROMETRÍA IR PARA MATERIALES VEGETALES		
oo) Muestras para IR pp) Medición del pH de extracto etanólico qq) Ubicación de muestra en el cristal del seleniuro de zinc de ATR rr) Equipo de Espectrometría IR	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	12

ANEXO M: MOLINO MICRONIZADOR



ss)



tt)



uu)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</div>	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA <i>Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colchia Eliana Monserrath</i>	EQUIPO MIXTO DE MOLIENDA Y TAMIZADO CON UN TAMIZ INTERCAMBIABLE		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A ₄	10-02-2014	13
ss) Molino Micronizador- Parte Frontal tt) Molino Micronizador- Parte Lateral uu) Molino Micronizador- Parte Lateral					

ANEXO N: COMPONENTES INTERNOS DEL MOLINO MICRONIZADOR



v)



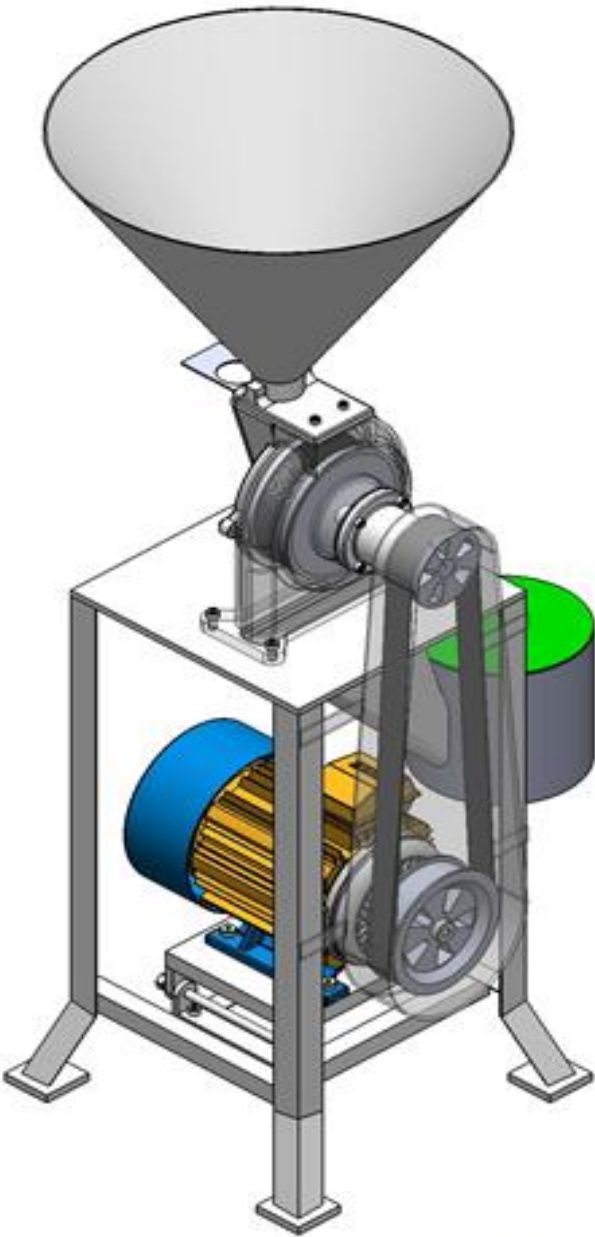
xx)



yy)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Mariño Ashqui Margoth Patricia Romero Colcha Eliana Monserrath	EQUIPO MIXTO DE MOLIENDA Y TAMIZADO CON UN TAMIZ INTERCAMBIABLE		
vv) Rotor giratorio que cubre la cámara de molturación ww)Tamiz incorporado en un anillo que rodea el rotor estático xx) Rotor estático			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			A4	10-02-2014	14

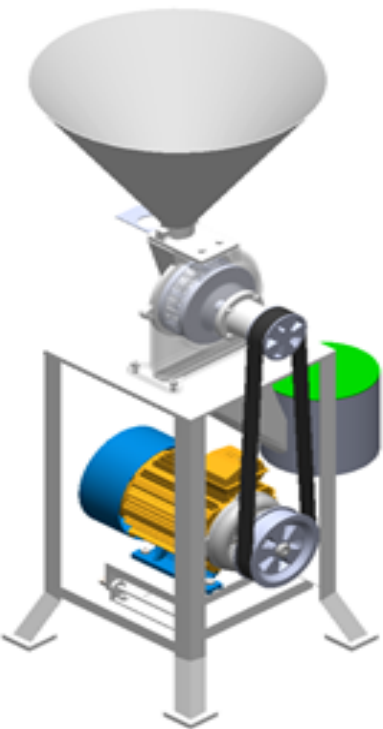
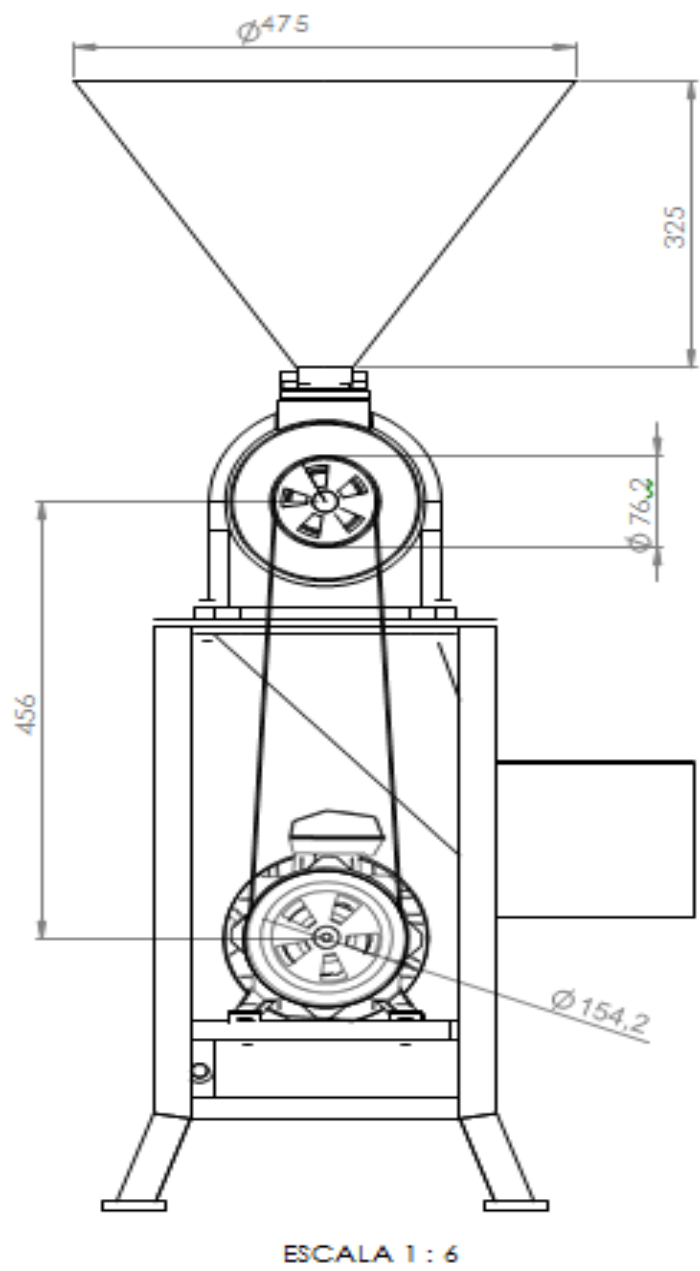
ANEXO O: PLANO TRIDIMENSIONAL DEL MICRONIZADOR



ESCALA 1 : 6

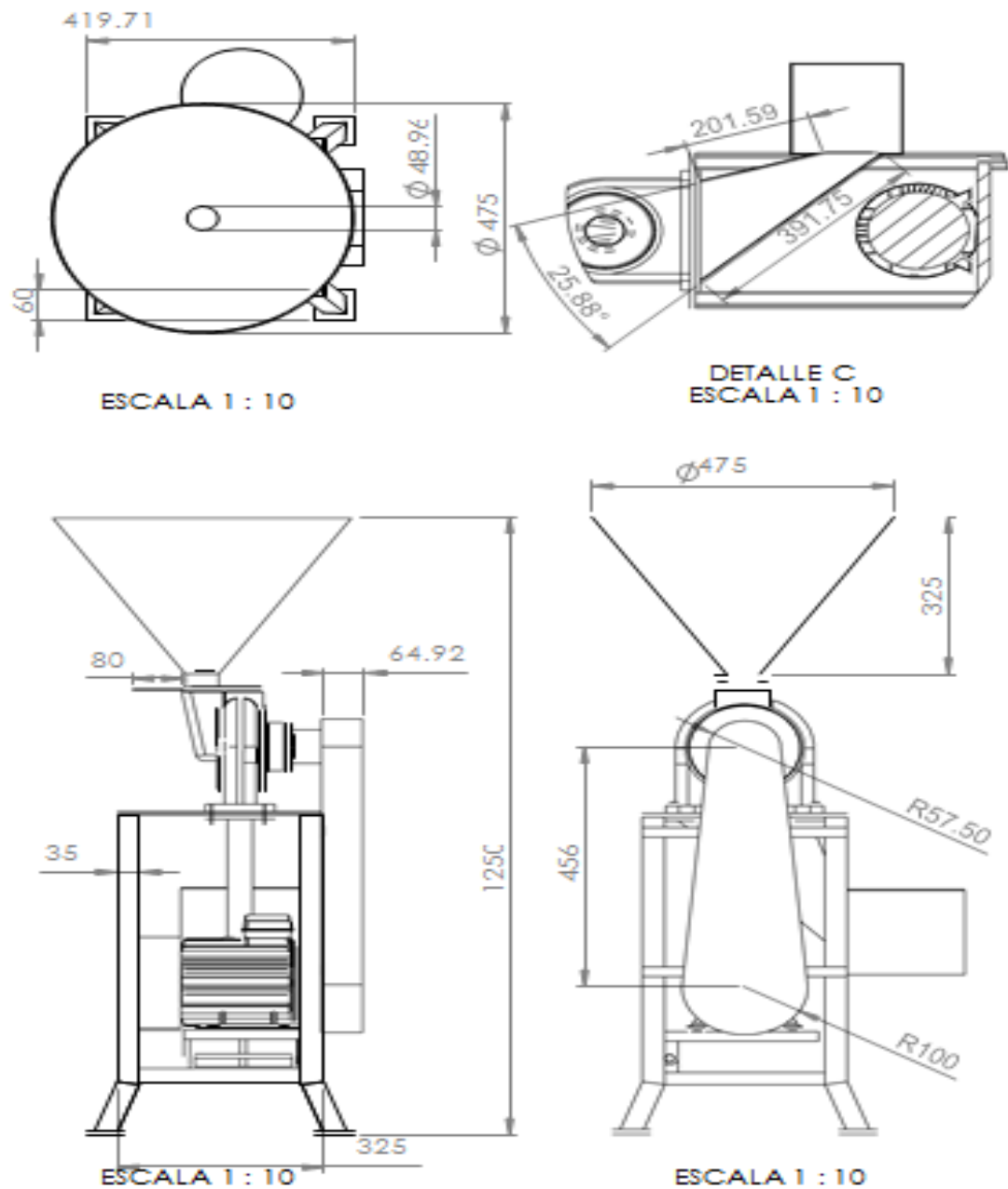
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MICRONIZADOR DE HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO		
			ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
VISTA TRIDIMENSIONAL DEL EQUIPO	<div><input type="checkbox"/> CERTIFICADO</div> <div><input type="checkbox"/> PROBADO</div> <div><input type="checkbox"/> POR APROBAR</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR</div> <div><input type="checkbox"/> POR VERIFICAR</div>	ELABORADO POR: MARGOTH MARÍÑO ELIANA ROMERO	1:6	2015-03-12	15

ANEXO P: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN



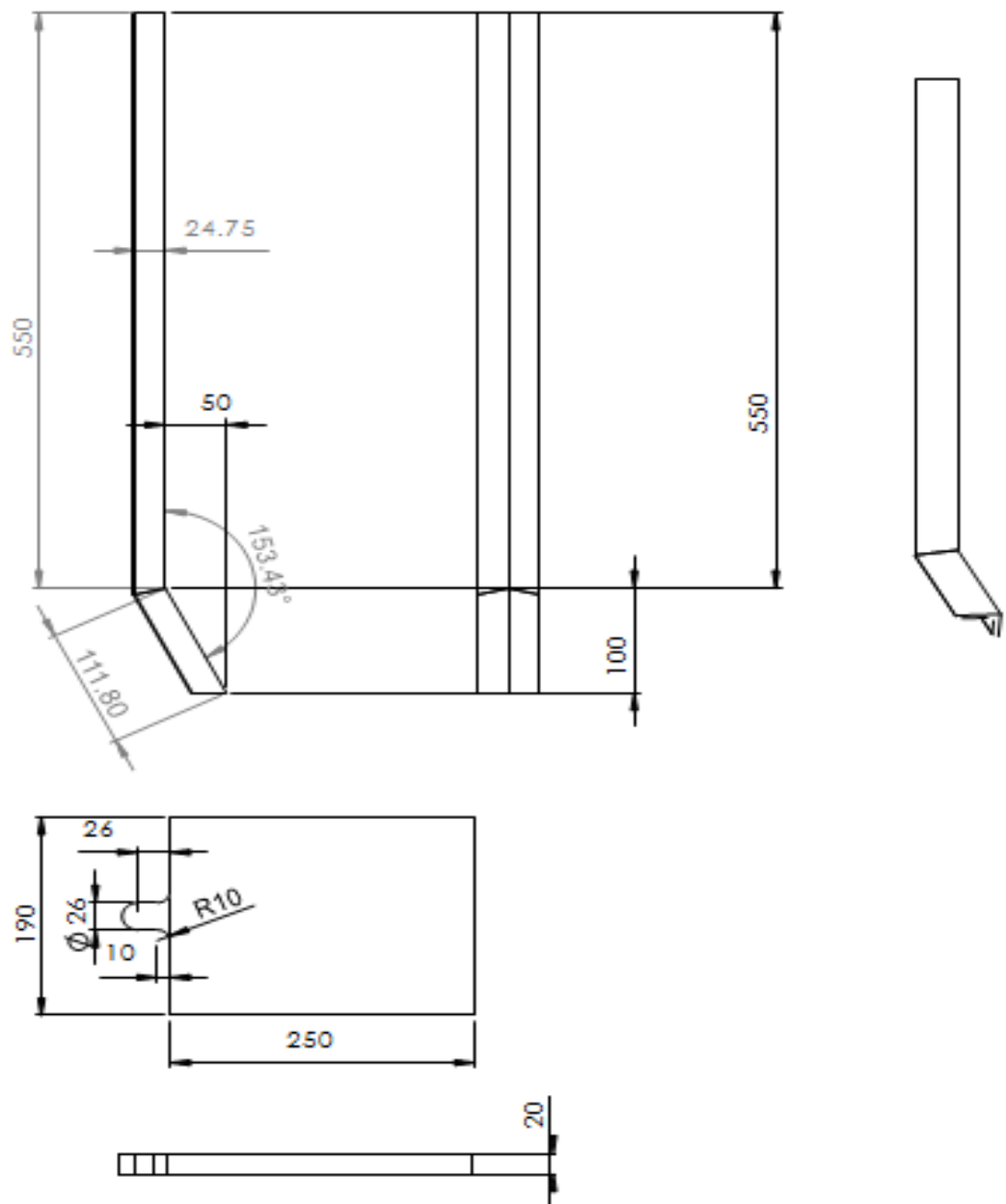
NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MICRONIZADOR DE HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO		
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO			ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
	<input type="checkbox"/> PROBADO					
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR					
	<input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR					
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR					

ANEXO Q: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DEL MOLINO MICRONIZADOR



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH ELABORADO POR: MARGOTH MARIÑO ELIANA ROMERO	MICRONIZADOR DE HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO		
VISTAS FRONTAL, SUPERIOR Y LATERAL DEL EQUIPO	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO		ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
	<input type="checkbox"/> PROBADO				
	<input type="checkbox"/> POR APROBAR				
	<input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR				
	<input type="checkbox"/> POR VERIFICAR				
			1:6	2015-03-12	17

ANEXO R: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE



NOTAS

ESTRUCTURA
DE SOLPORTE Y
BASE DE
MOTOR

CATEGORÍA DEL
DIAGRAMA

- ☐ CERTIFICADO
- ☐ PROBADO
- ☐ POR APROBAR
- ☒ POR CALIFICAR
- ☐ POR VERIFICAR

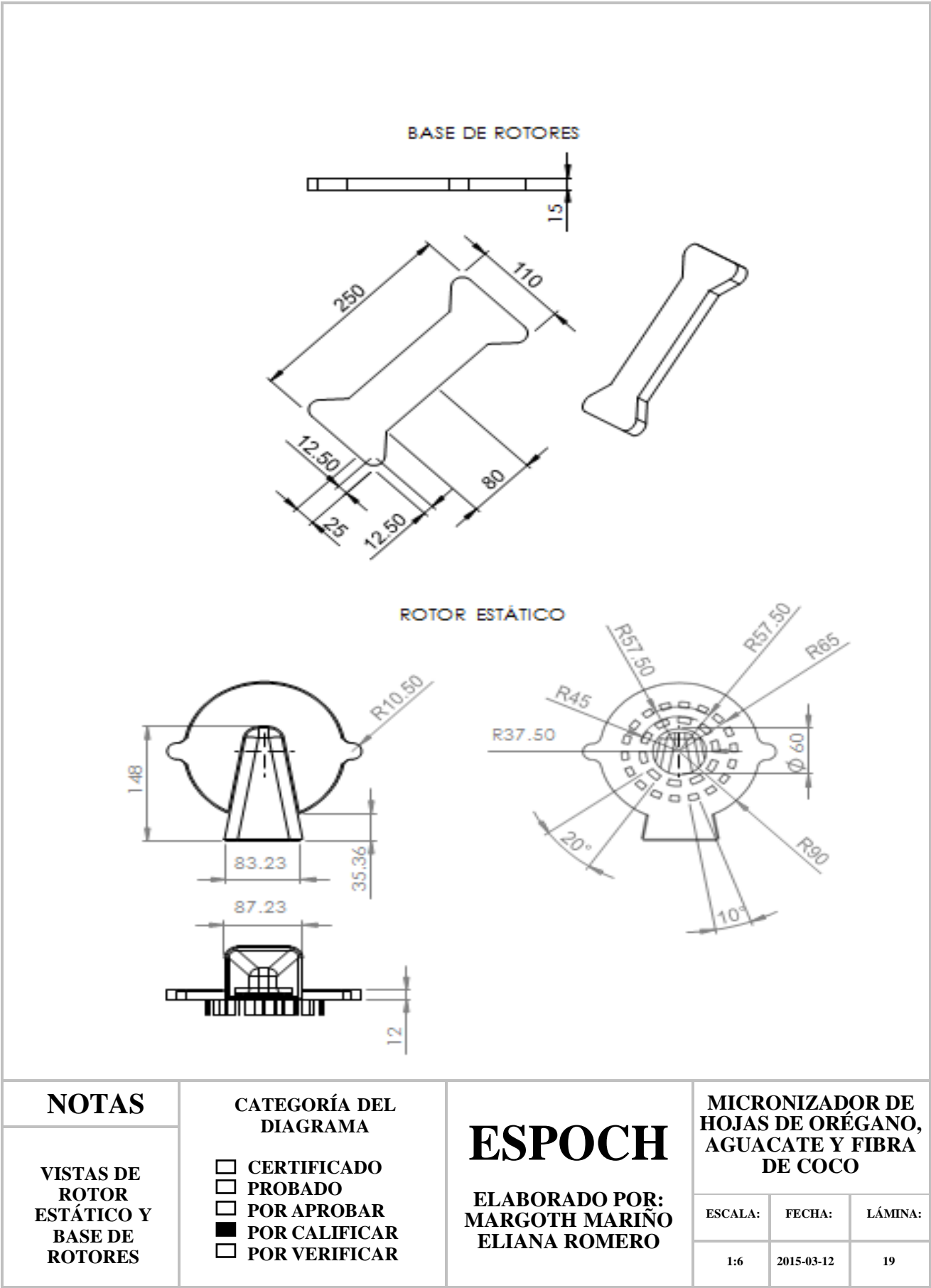
ESPOCH

ELABORADO POR:
MARGOTH MARIÑO
ELIANA ROMERO

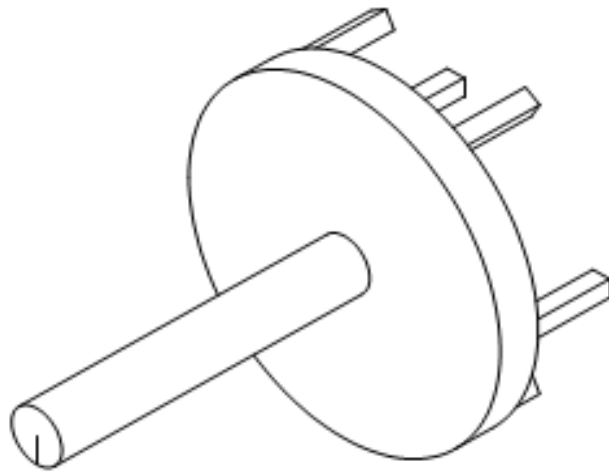
MICRONIZADOR DE
HOJAS DE ORÉGANO,
AGUACATE Y FIBRA
DE COCO

ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
1:6	2015-03-12	18

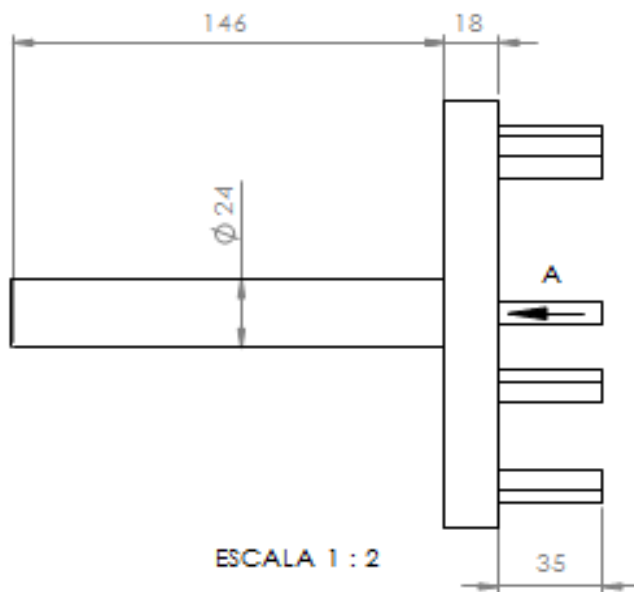
ANEXO S: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DEL ESTATOR



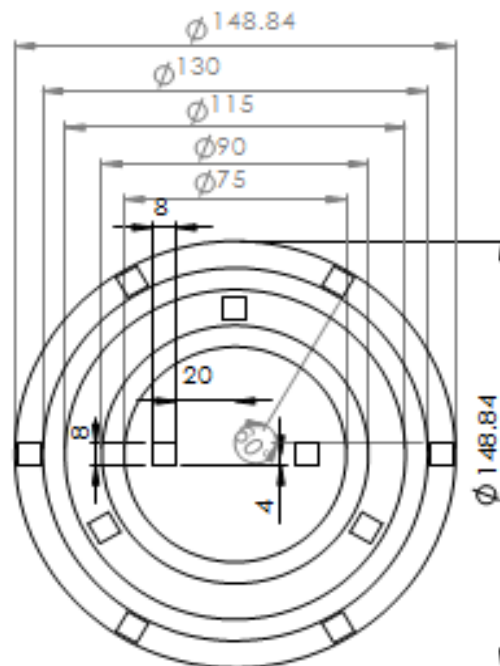
ANEXO T: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DEL ROTOR



ESCALA 1 : 2



ESCALA 1 : 2



VISTA A
ESCALA 1 : 2

NOTAS

VISTAS EJE
PRINCIPAL
ROTOR
GIRATORIO

**CATEGORÍA DEL
DIAGRAMA**

- ☐ CERTIFICADO
- ☐ PROBADO
- ☐ POR APROBAR
- ☒ POR CALIFICAR
- ☐ POR VERIFICAR

ESPOCH

ELABORADO POR:
MARGOTH MARIÑO
ELIANA ROMERO

**MICRONIZADOR DE
HOJAS DE ORÉGANO,
AGUACATE Y FIBRA
DE COCO**

ESCALA:

1:6

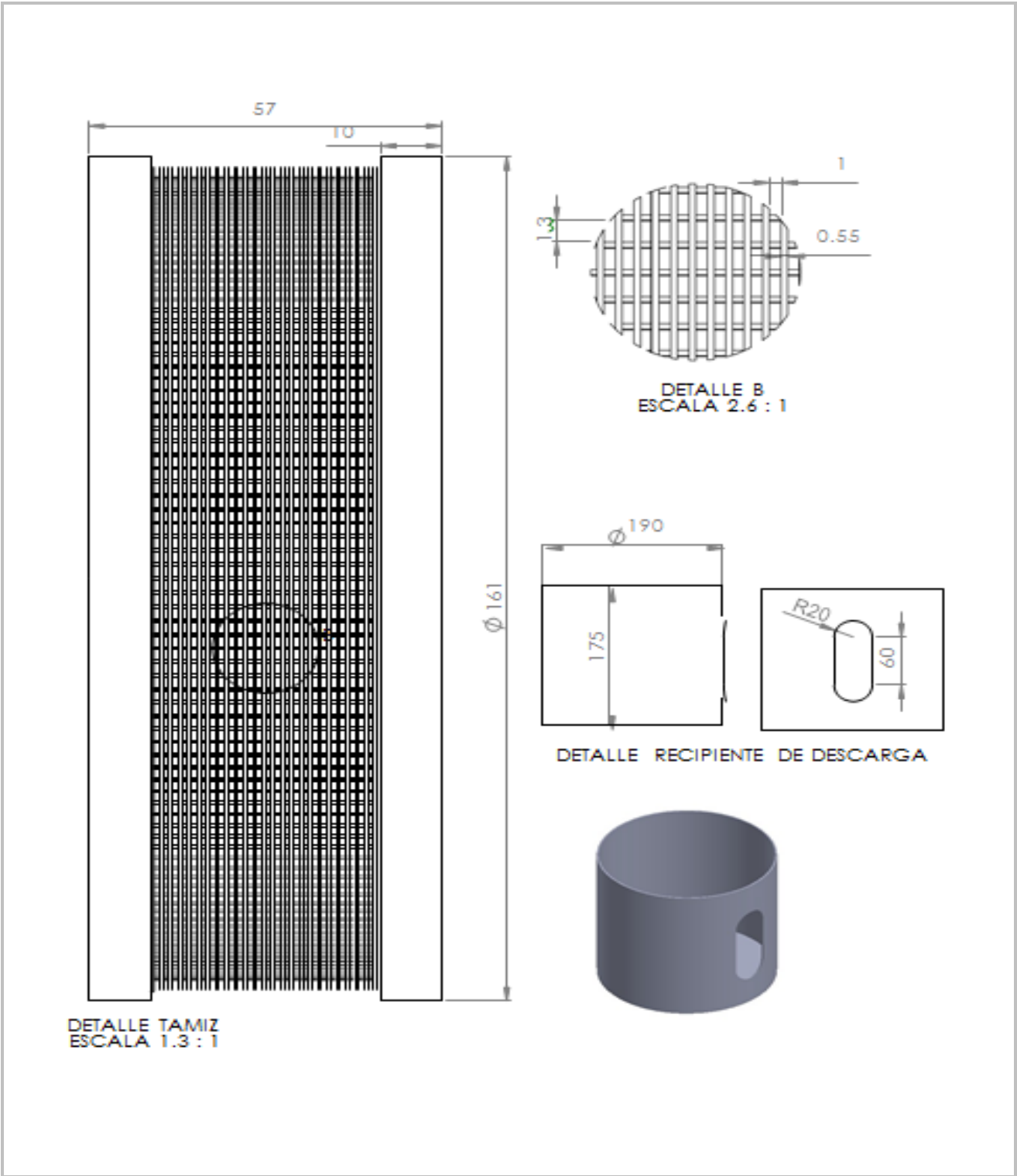
FECHA:

2015-03-12

LÁMINA:

20

ANEXO U: PLANO DE DIMENSIONAMIENTO DEL TAMIZ



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	MICRONIZADOR DE HOJAS DE ORÉGANO, AGUACATE Y FIBRA DE COCO		
			ESCALA:	FECHA:	LÁMINA:
			1:6	2015-03-12	21

ANEXO V: ANÁLISIS DE COSTOS DEL MOLINO MICRONIZADOR

✓ Costos de Recursos Materiales para la construcción del Molino Micronizador

TABLA 1-A: Costos de Recursos Materiales

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
Cuerpo Fundido Carcasa	1	348,00	340,00
Sistema Turbo Giratorio Cámara de Molienda	1	870,00	850,00
Sistema Transmisión: Eje-Rodamientos- Poleas-Banda	1	425,00	400,00
Tolva de Abastecimiento	1	145,00	120,00
Recipiente de Descarga	1	50,00	50,00
Motor de Inducción	1	232,00	230,00
Estructura de Soporte	1	290,00	210,00
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.			TOTAL = 2200,00

✓ Costos de Recursos Humanos para la construcción del Molino Micronizador

TABLA 2-A: Costos de Recursos Humanos

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Mano de obra para la construcción del equipo	650,00
Mano de obra para la instalación del sistema eléctrico	50,00
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.	
TOTAL = 700,00	

✓ Costos de Recursos Totales para la construcción del Molino Micronizador

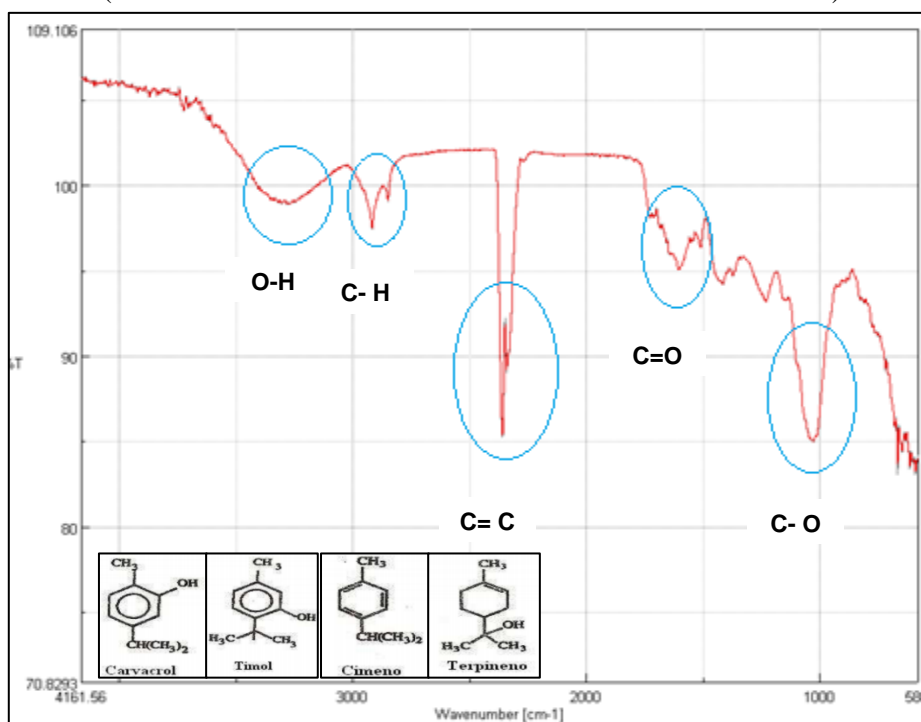
TABLA 3-A: Costos de Recursos Totales

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
Recursos Materiales de Construcción	2200,00
Recursos Humanos	700,00
Imprevistos	300,00
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.	
TOTAL = 3200,00	

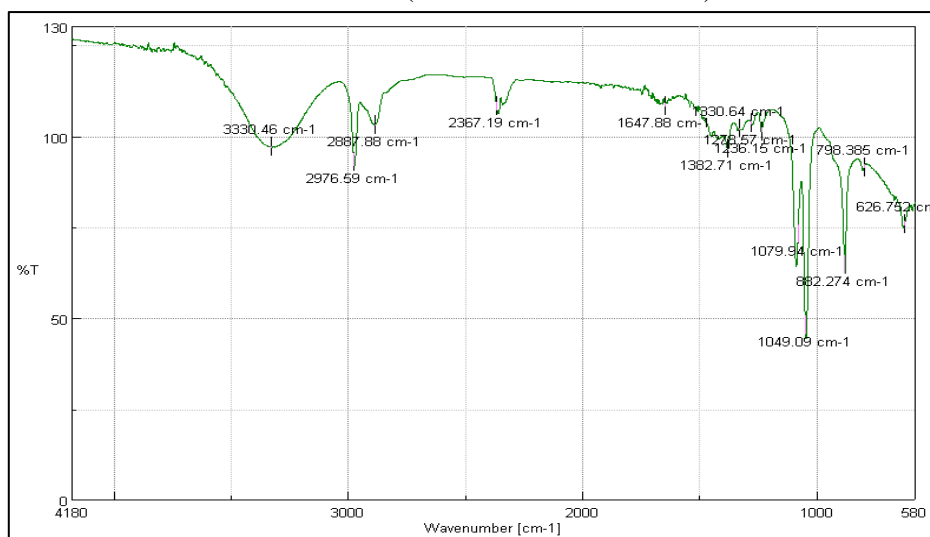
ANEXO W: ESPECTROMETRÍA IR DE MUESTRAS VEGETALES

Muestras de las Hojas Orégano

ESPECTRO IR DE LA MUESTRA SÓLIDA MOLIDA (ANÁLISIS CUALITATIVO DE GRUPOS FUNCIONALES)



ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO MUESTRA DE LA RECEPCIÓN (LONGITUD DE ONDA)

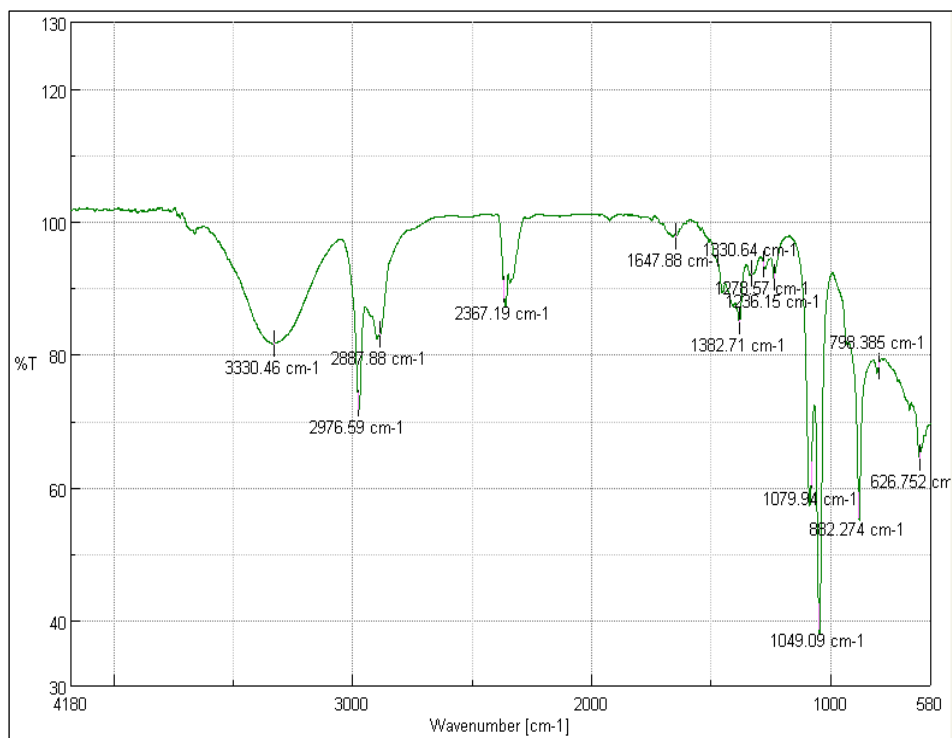


Realizado por: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández

TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

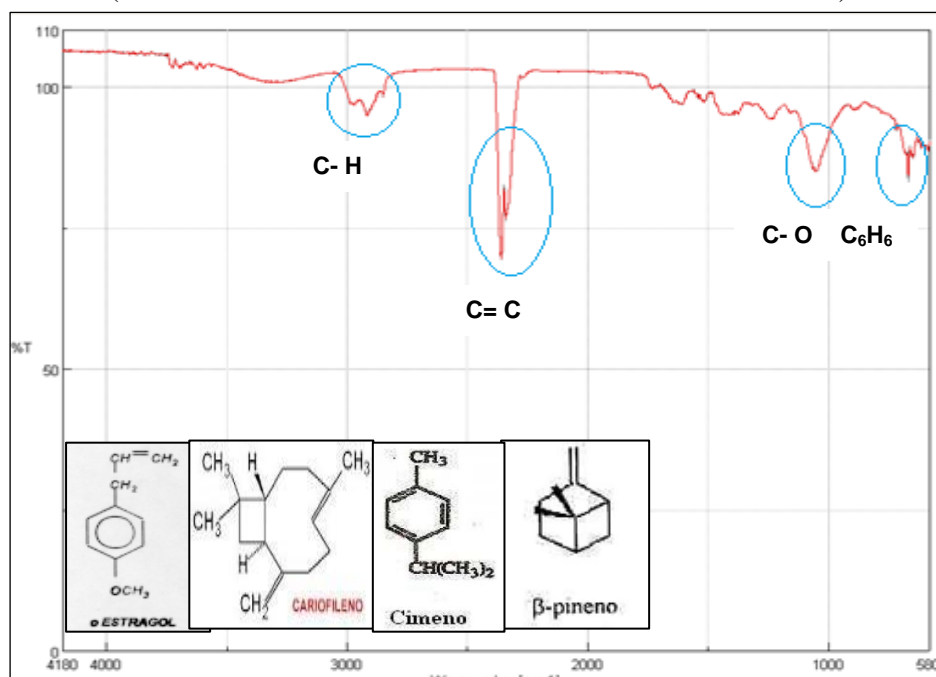
ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO MUESTRA DESPUÉS DE LA
MOLIENDA Y TAMIZADO (LONGITUD DE ONDA)



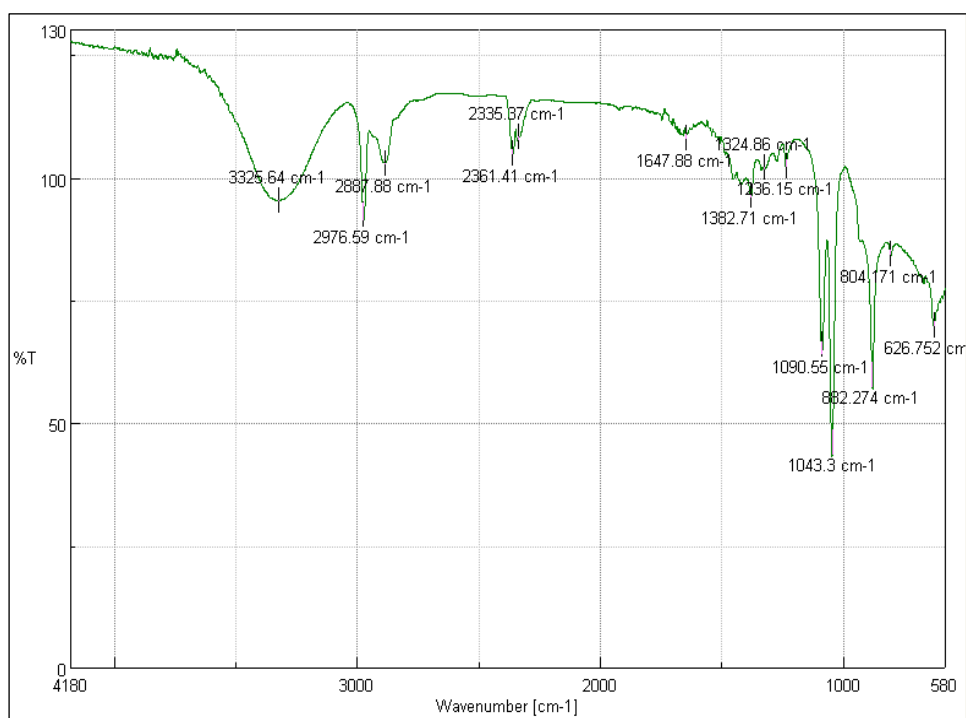
Realizado por: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.
Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández
TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

Muestras de las Hojas de Aguacate

ESPECTRO IR DE LA MUESTRA SÓLIDA MOLIDA (ANÁLISIS CUALITATIVO DE GRUPOS FUNCIONALES)



LONGITUD DE ONDA DEL ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LAS HOJAS DE AGUACATE DE LA RECEPCIÓN

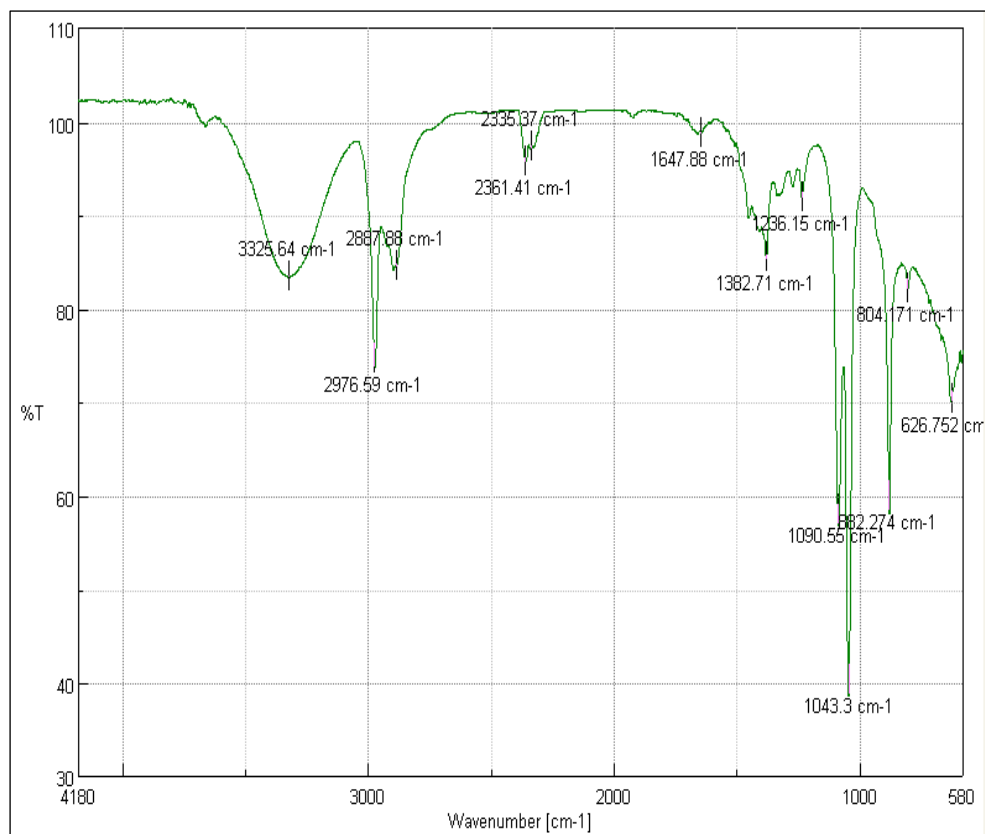


Realizado por: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández

TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO MUESTRAS DESPUÉS DE
LA MOLIENDA Y TAMIZADO (LONGITUD DE ONDA)



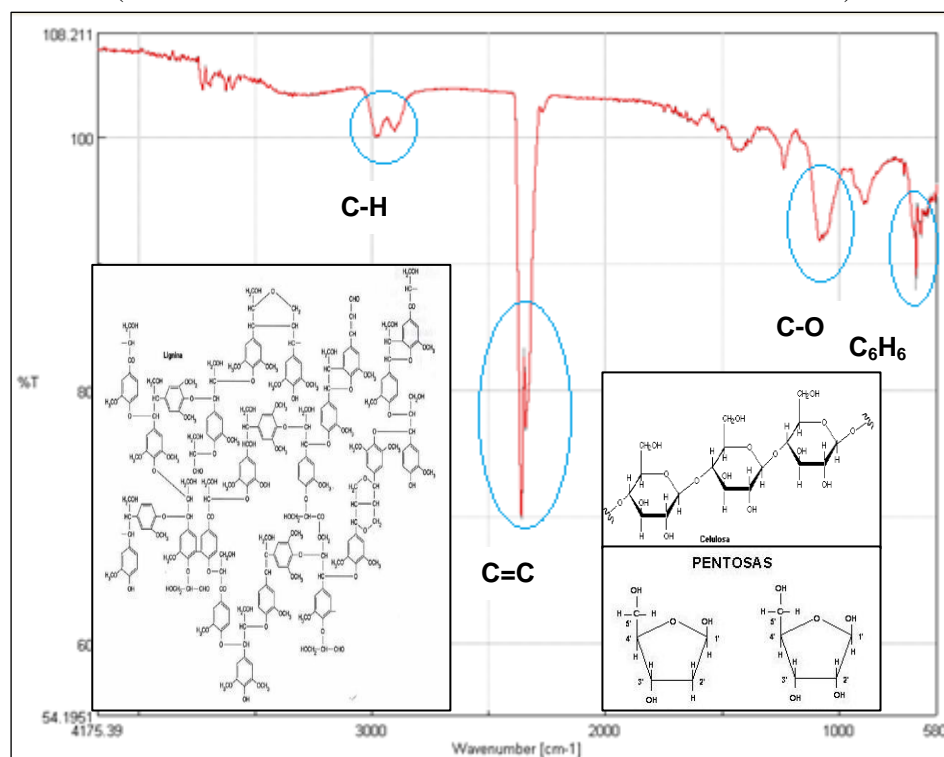
Realizado por: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández

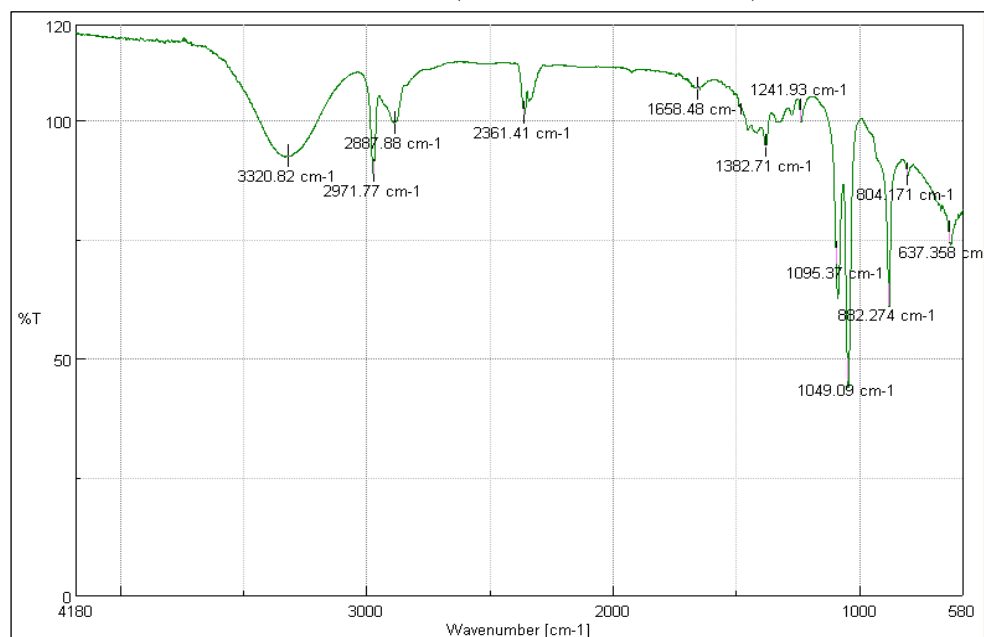
TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

Muestras de Fibra de Coco

ESPECTRO IR DE LA MUESTRA SÓLIDA MOLIDA (ANÁLISIS CUALITATIVO DE GRUPOS FUNCIONALES)



ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO MUESTRA DE LA RECEPCIÓN (LONGITUD DE ONDA)

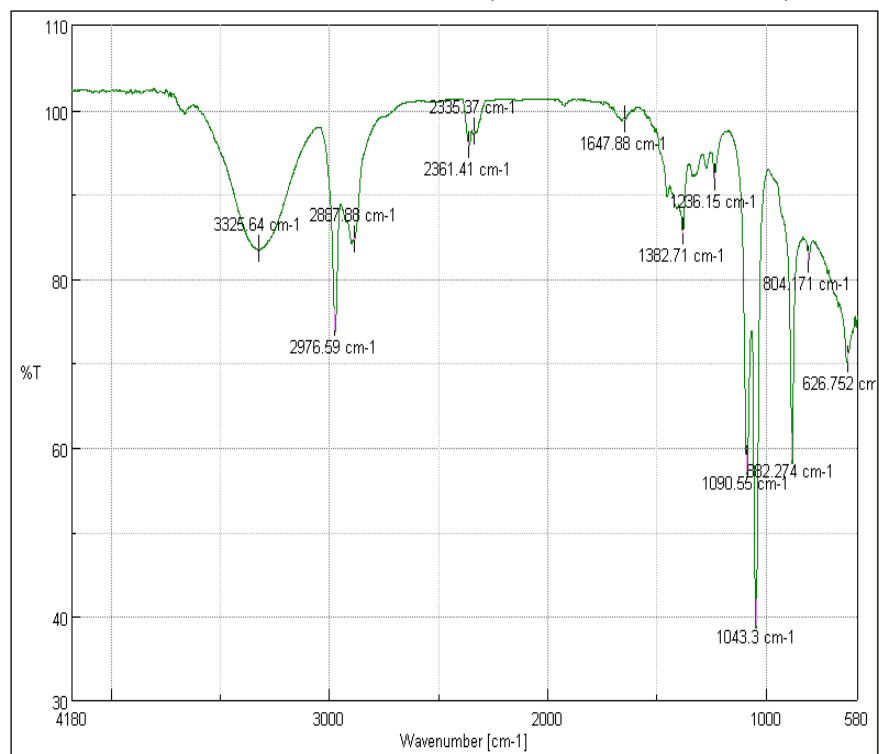


Realizado por: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández

TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

ESPECTRO IR DEL EXTRACTO ETANÓLICO MUESTRA
DESPUÉS DE LA MOLIENDA (LONGITUD DE ONDA)



Realizado por: MARINÑO M. / ROMERO E. 2015.

Responsable: Lic. Fausto Leónidas Tapia Hernández

TÉCNICO DOCENTE LABORATORIO DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL FAC. DE CIENCIAS

ANEXO X: FORMATO DE ENCUESTA PARA LA DEGUSTACIÓN DE TISANAS

“TISANAS A PARTIR DE LAS HOJAS DE AGUACATE, ORÉGANO Y FIBRA DE COCO”

Las tisanas son productos vegetales, comercializados en bolsas de papel filtro, su preparación consiste en la extracción de los componentes activos del material vegetal en un medio acuoso (agua caliente), por medio de una infusión instantánea.

Género:

Edad:

ENCUESTA

Buenos días/tardes, estimados compañeros la presente encuesta se lleva a cabo con el objetivo de evaluar ciertas características de una tisana, para el planteamiento de su elaboración.

Nota: Realizar la degustación individual de cada muestra y a continuación seleccionar las alternativas correspondientes para cada formulación, de acuerdo a su criterio.

- 1) **Marcar con una X la alternativa identificada en el producto referente a la característica organoléptica: COLOR**

ALTERNATIVAS	TISANA (Formulación 1)	TISANA (Formulación 2)
Nada Intenso		
Poco Intenso		
Normal		
Intenso		
Muy Intenso		

- 2) **Marcar con una X la alternativa identificada en el producto referente a la característica organoléptica: AROMA**

ALTERNATIVAS	TISANA (Formulación 1)	TISANA (Formulación 2)
Nada Intenso		
Poco Intenso		
Normal		
Intenso		
Muy Intenso		

- 3) **Marcar con una X la alternativa identificada en el producto referente a la característica organoléptica: SABOR**

ALTERNATIVAS	TISANA (Formulación 1)	TISANA (Formulación 2)
Gusta mucho		
Gusto poco		
Ni gusta ni disgusta		
Disgusta mucho		
Disgusta poco		

- 4) Marcar con una X la alternativa identificada en lo referente a la ACEPTIBILIDAD del producto.

ALTERNATIVAS	TISANA (Formulación 1)	TISANA (Formulación 2)
Gusta mucho		
Gusto poco		
Ni gusta ni disgusta		
Disgusta mucho		
Disgusta poco		

- 5) Para endulzar las muestras de la presente degustación se utilizó Miel, tal vez Ud. prefiere algún otro tipo de endulzante:

ALTERNATIVAS	
Azúcar Blanca	
Azúcar Morena	
Stevia	

¡Muchas gracias por su colaboración!

ANEXO Y: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

✓ **Análisis Estadístico Descriptivo del Test de Ordenamiento: Aceptabilidad**

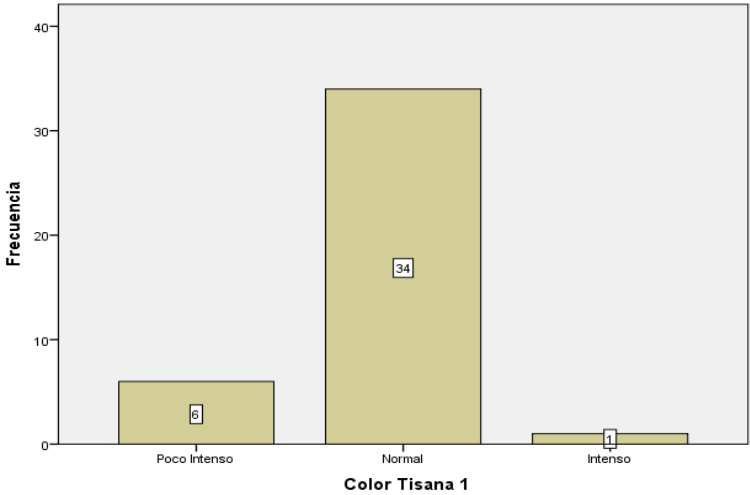
Análisis Estadísticos Descriptivos de la Característica Organoléptica: COLOR

Tabla 4-A: Característica Organoléptica: Color - Tisana 1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Poco Intenso	6	14.6	14.6	14.6
Normal	34	82.9	82.9	97.6
Intenso	1	2.4	2.4	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 1-A: Color Tisana 1: Frecuencia vs Alternativas



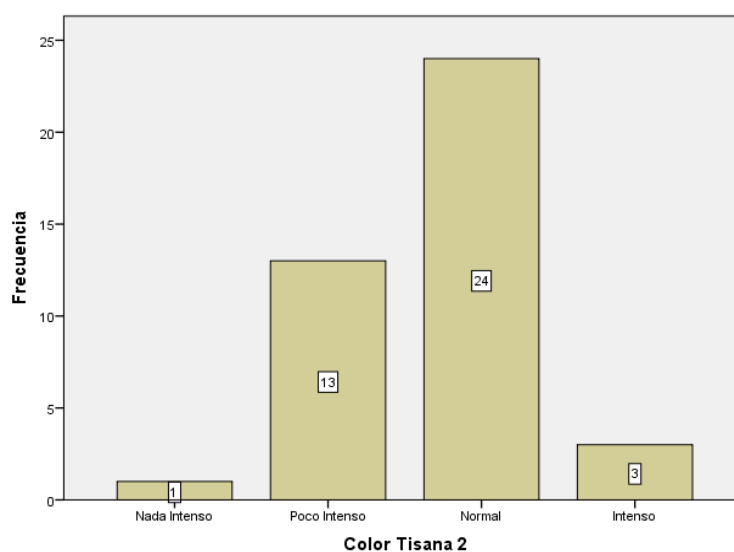
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 5-A: Característica Organoléptica: Color - Tisana 2

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Nada Intenso	1	2.4	2.4	2.4
Poco Intenso	13	31.7	31.7	34.1
Normal	24	58.5	58.5	92.7
Intenso	3	7.3	7.3	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 2-A: Color Tisana 2: Frecuencia vs Alternativas



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 6-A: Resumen: Color Tisana 1 – Tisana 2

		Característica Organoléptica: Color Tisana 2				Total
		Nada Intenso	Poco Intenso	Normal	Intenso	
Característica Organoléptica: Color Tisana 1	Poco Intenso	1	1	4	0	6
	Normal	0	11	20	3	34
	Intenso	0	1	0	0	1
	Total	1	13	24	3	41

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

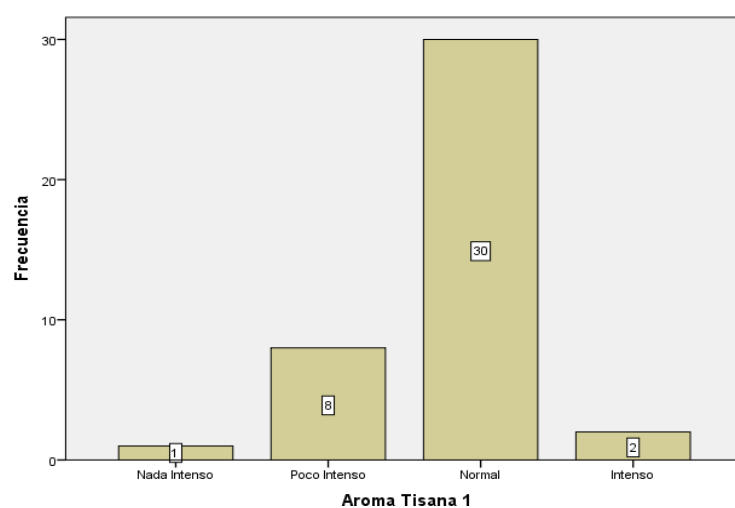
Resultados Estadísticos Descriptivos de la Característica Organoléptica: AROMA

Tabla 7-A: Característica Organoléptica: Aroma - Tisana 1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Nada Intenso	1	2.4	2.4	2.4
Poco Intenso	8	19.5	19.5	22.0
Válidos Normal	30	73.2	73.2	95.1
Intenso	2	4.9	4.9	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 3-A: Aroma Tisana 1: Frecuencia vs Alternativas



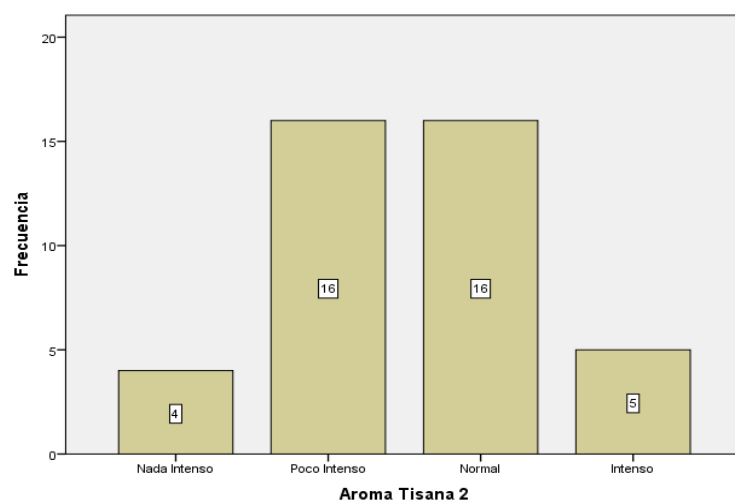
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 8-A: Característica Organoléptica: Aroma - Tisana 2

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Nada Intenso	4	9.8	9.8	9.8
Poco Intenso	16	39.0	39.0	48.8
Válidos Normal	16	39.0	39.0	87.8
Intenso	5	12.2	12.2	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 4-A: Aroma Tisana 2: Frecuencia vs Alternativas



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 9-A: Resumen: Aroma Tisana 1 –Tisana 2

		Característica Organoléptica: Aroma Tisana 2				Total
		Nada Intenso	Poco Intenso	Normal	Intenso	
Característica Organoléptica: Aroma Tisana 1	Nada Intenso	0	1	0	0	1
	Poco Intenso	3	3	1	1	8
	Normal	1	12	13	4	30
	Intenso	0	0	2	0	2
Total		4	16	16	5	41

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

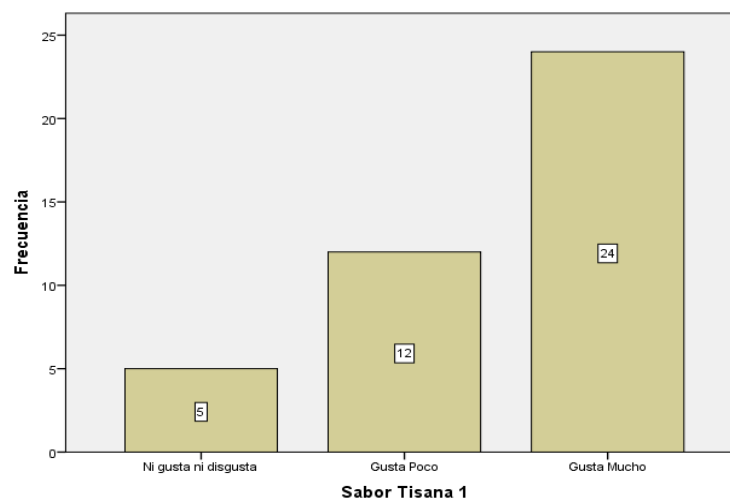
Resultados Estadísticos Descriptivos de la Característica Organoléptica: SABOR

Tabla 10-A: Característica Organoléptica: Sabor - Tisana 1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ni gusta ni disgusta	5	12.2	12.2	12.2
Gusta Poco	12	29.3	29.3	41.5
Gusta Mucho	24	58.5	58.5	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 5-A: Sabor Tisana 1: Frecuencia vs Alternativas



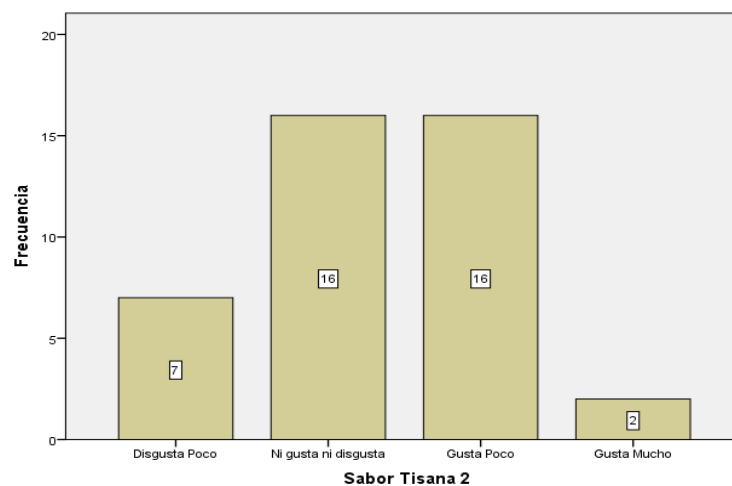
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 11-A: Característica Organoléptica: Sabor - Tisana 2

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Disgusta Poco	7	17.1	17.1	17.1
Ni gusta ni disgusta	16	39.0	39.0	56.1
Válidos Gusta Poco	16	39.0	39.0	95.1
Gusta Mucho	2	4.9	4.9	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 6-A: Sabor Tisana 2: Frecuencia vs Alternativas



FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 12-A: Resumen: Sabor Tisana 1 – Tisana 2

		Característica Organoléptica: Sabor Tisana 2				Total
		Disgusta Poco	Ni gusta ni disgusta	Gusta Poco	Gusta Mucho	
Característica Organoléptica: Sabor Tisana 1	Ni gusta ni disgusta	1	2	2	0	5
	Gusta Poco	2	6	3	1	12
	Gusta Mucho	4	8	11	1	24
	Total	7	16	16	2	41

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

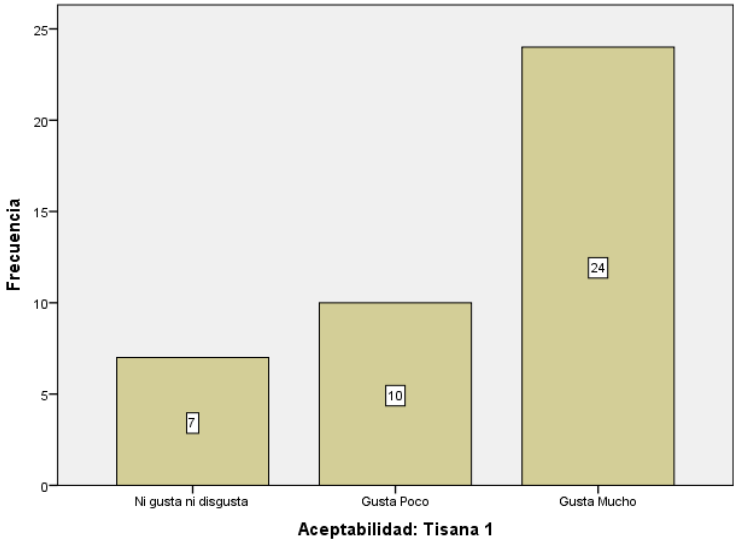
Resultados Estadísticos Descriptivos de la ACEPTABILIDAD

Tabla 13-A: Aceptabilidad: Tisana 1

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Ni gusta ni disgusta	7	17.1	17.1	17.1
Gusta Poco	10	24.4	24.4	41.5
Gusta Mucho	24	58.5	58.5	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 7-A: Aceptabilidad Tisana 1: Frecuencia vs Alternativas



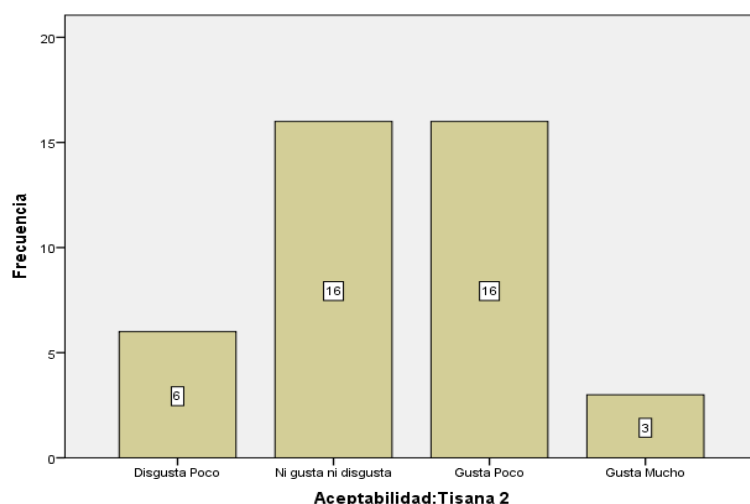
FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 14-A: Aceptabilidad: Tisana 2

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Disgusta Poco	6	14.6	14.6	14.6
Ni gusta ni disgusta	16	39.0	39.0	53.7
Gusta Poco	16	39.0	39.0	92.7
Gusta Mucho	3	7.3	7.3	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 8-A: Aceptabilidad Tisana 2: Frecuencia vs Alternativas



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Tabla 15-A: Resumen – Aceptabilidad: Tisana 1 –Tisana 2

		Aceptabilidad: Tisana 2				Total
		Disgusta Poco	Ni gusta ni disgusta	Gusta Poco	Gusta Mucho	
Aceptabilidad: Tisana 1	Ni gusta ni disgusta	2	4	1	0	7
	Gusta Poco	1	3	4	2	10
	Gusta Mucho	3	9	11	1	24
	Total	6	16	16	3	41

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

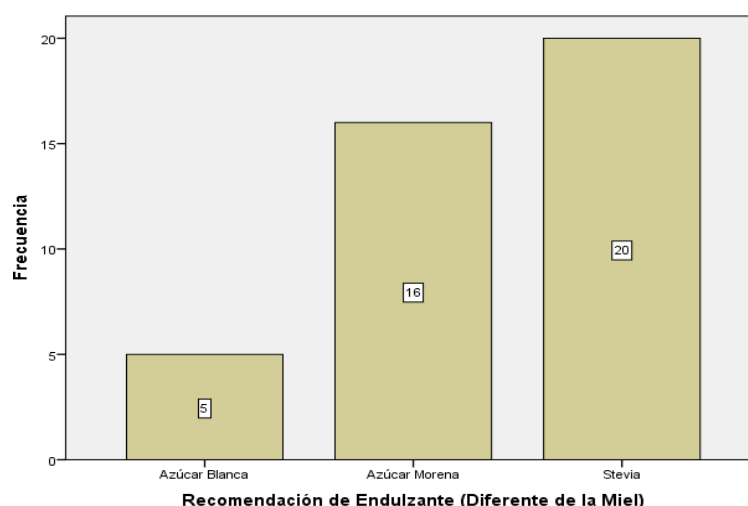
Resultados Estadísticos Descriptivos para la utilización de endulzante (diferente de la Miel) en la preparación de la tisana

Tabla 16-A: Endulzante (Diferente de la Miel)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Azúcar Blanca	5	12.2	12.2	12.2
Azúcar Morena	16	39.0	39.0	51.2
Stevia	20	48.8	48.8	100.0
Total	41	100.0	100.0	

FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

Figura 9-A: Endulzantes (Diferentes de la Miel) para Tisana



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015.

✓ Estudio Estadístico Inferencial

Planteamiento de la Hipótesis:

- **Hi:** El género femenino establece un mayor porcentaje de aceptabilidad en el consumo de la tisana elaborada a partir de: hojas de aguacate, orégano y fibra de coco; que el género masculino.
- **Ho:** El género femenino no establece un mayor porcentaje de aceptabilidad en el consumo de la tisana elaborada a partir de: hojas de aguacate, orégano y fibra de coco; que el género masculino.
- **Ha:** El género femenino establece un menor porcentaje de aceptabilidad en el consumo de la tisana elaborada a partir de: hojas de aguacate, orégano y fibra de coco; que el género masculino.

Resultados obtenidos en el Análisis Estadístico Inferencial

TABLA 17-A: Frecuencia respecto al Género del catador

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	MASCULINO	162	50.0	50.0	50.0
	FEMENINO	162	50.0	50.0	100.0
	Total	324	100.0	100.0	

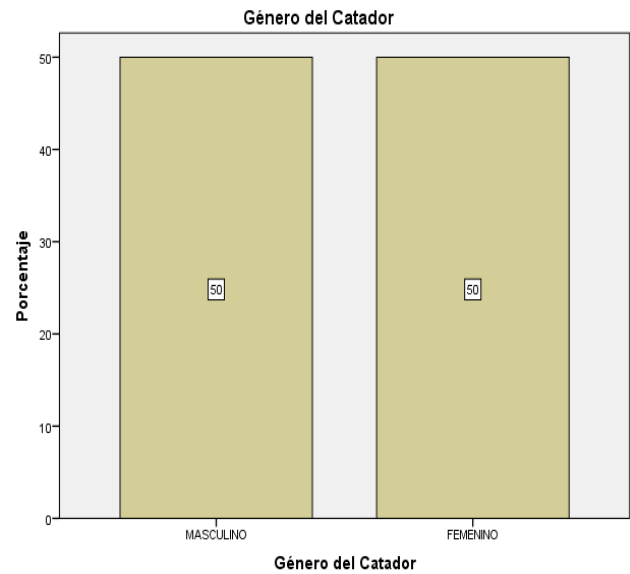
FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015

TABLA 18-A: Aceptabilidad - Tisana 1

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Ni gusta ni disgusta	43	13.3	13.3	13.3
	Gusta Poco	70	21.6	21.6	34.9
	Gusta Mucho	211	65.1	65.1	100.0
	Total	324	100.0	100.0	

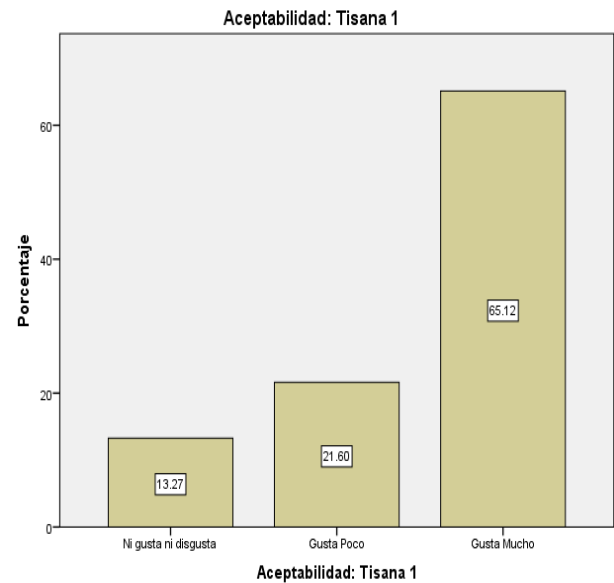
FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015

FIGURA 10-A: Frecuencia - Género



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015

FIGURA 11-A: Aceptabilidad - Tisana 1



FUENTE: MARIÑO M. / ROMERO E. 2015

Prueba Estadística no Paramétrica (*chi* - cuadrado)

TABLA 19-A: Resumen del Procesamiento de los Casos

	CASOS					
	VÁLIDOS		PERDIDOS		TOTAL	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Género del Catador * Aceptabilidad: Tisana 1	324	100.0%	0	0.0%	324	100.0%

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 20-A: Género del Catador - Aceptabilidad: Tisana 1

		Aceptabilidad: Tisana 1			Total
		Ni gusta ni disgusta	Gusta Poco	Gusta Mucho	
Género del Catador	MASCULINO	23	35	104	162
	FEMENINO	20	35	107	162
Total		43	70	211	324

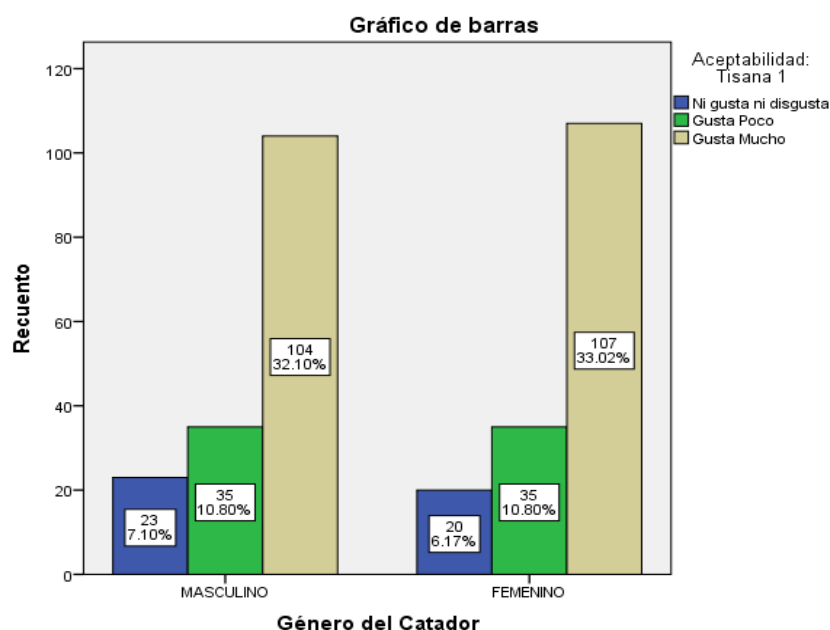
FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

TABLA 21-A: Prueba de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	.252 ^a	2	.882
Razón de verosimilitudes	.252	2	.882
Asociación lineal por lineal	.215	1	.643
N de casos válidos	324		
a. 0 casillas (0.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 21.50.			

FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015.

FIGURA 12-A: Prueba de chi-cuadrado



FUENTE: MARINO M. / ROMERO E. 2015